

**UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR**



**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE
TARJETAS ELECTRÓNICAS DE
COMUNICACIONES CAN-BUS DEL ROBOT
ASIBOT 1.5**

PROYECTO FINAL DE CARRERA

**INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL:
ELECTRÓNICA INDUSTRIAL**

AUTOR: EVA ROMERO TORRES
TUTOR: ALBERTO JARDÓN HUETE

JULIO 2008

**UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR**

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE
TARJETAS ELECTRÓNICAS DE
COMUNICACIONES CAN-BUS DEL ROBOT
ASIBOT 1.5**

PROYECTO FINAL DE CARRERA

**INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL:
ELECTRÓNICA INDUSTRIAL**

AUTOR:	EVA ROMERO TORRES
TUTOR:	ALBERTO JARDÓN HUETE

Agradecimientos

Agradezco en primer lugar a mis padres todo el apoyo y ayuda que me han ofrecido desde que empecé la carrera, también que hayan soportado con humor el estrés y los nervios de las épocas de exámenes.

También agradezco a mi compañero Carlos la ayuda que me ha prestado para resolver los problemas que me han surgido a lo largo de la carrera, del proyecto y también su comprensión y compañía.

Agradezco a todas las personas implicadas en el proyecto del ASIBOT la ayuda que me han ofrecido haciendo una mención especial al tutor Alberto Jardón Huete por darme la oportunidad de poder trabajar en este proyecto ya que he aprendido muchas cosas y a Santiago Martínez de la Casa Díaz.

Por último pero no por ello menos importante doy las gracias a Ángela Nombela Piquer por la ayuda que me a ofrecido en todo momento, que me ha sido de gran utilidad.

Muchas gracias.

Índice de contenidos.

<u>Capítulo I: Introducción.</u>	1
1.1. Descripción.....	2
1.2. Objetivos.....	4
1.3. Aplicaciones.....	6
1.4. Estado del arte.....	7
1.4.1. Light-Weight robot II.....	7
1.4.2. Pipeline Crawl.....	14
<u>Capítulo II: Antecedentes.</u>	18
2.1. Estructura mecánica.....	19
2.1.1. Base.....	20
2.1.2. Articulaciones.....	22
2.1.3. Eslabones.....	23
2.1.4. Muñeca.....	24
2.1.5. Elemento terminal.....	25
2.2. Arquitectura interna de control.....	27
2.2.1. Actuadores o motores.....	27
2.2.2. Reductores.....	28
2.2.3. Frenos Electromagnéticos.....	30
2.3. Sistema sensorial.....	31
2.3.1. Sensores inductivos.....	33
2.3.2. Encoders.....	34
2.4. Unidad de control.....	35

<u>Capítulo III: Prospectiva tecnológica.</u>	37
3.1. Diseño eléctrico con circuitos flexibles.....	38
3.2. Aplicaciones.....	40
3.3. Ventajas.....	41
3.4. Consideraciones de diseño.....	43
3.5. Limitaciones.....	45
3.6. Referencias.....	46
<u>Capítulo IV: Definición de especificaciones.</u>	48
4.1. Descripción general.....	49
4.2. Cableado.....	50
4.3. Sistemas electrónicos.....	54
4.3.1. Elementos de control.....	54
4.3.2. Comunicaciones.....	71
4.3.3. Alimentación.....	78
4.4. Sistema de disipación de calor.....	90
4.4.1. Planchas de aluminio.....	90
4.4.2. Carcasa de los drivers.....	90
4.4.3. Ventiladores.....	91

<u>Capítulo V: Desarrollo.</u>	92
5.1. Estudio del tamaño de los tubos.....	93
5.1.1. Dimensionado de los tubos.....	93
5.1.2. Dimensionado útil de los tubos.....	96
5.2. Distribución de componentes.....	98
5.2.1. Distribución de drivers.....	98
5.2.2. Distribución de los ULN2064.....	99
5.2.3. Distribución del TSI 10N-2411.....	100
5.2.4. Distribución de los ventiladores.....	100
5.2.5. Distribución de la palca Phyttec y su acondicionamiento.....	100
5.2.6. Distribución del TSI 10N-0510.....	101
5.2.7. Distribución de las protecciones.....	101
5.3. Interconexión de los sistemas.....	102
5.4. Dimensiones de las placas.....	104
5.5. Conectores.....	107
5.5.1. Conectores de potencia.....	107
5.5.2. Conectores de control.....	108
5.6. Bridas y mangueras.....	110
<u>Capítulo VI: Conclusiones y trabajos futuros.</u>	111
6.1. Conclusiones.....	112
6.2. Trabajos futuros.....	113

<u>Bibliografía.</u>	115
<u>Anexos.</u>	117
Anexo I: Esquemáticos.....	118
Anexo II: Layouts.....	123
Anexo III: Hojas de características.....	128

Índice de figuras.

Capítulo I: Introducción.

Figura 1.1 ASIBOT.....	3
Figura 1.2 Robot Light-Weight II.....	7
Figura 1.3 Simulación cinemática de Light-Weight.....	8
Figura 1.4 Esquema electrónico de Light-Weight.....	10
Figura 1.5 Motor DC con escobillas.....	10
Figura 1.6 Frenos y electrónica.....	11
Figura 1.7 Galgas extensiométricas.....	11
Figura 1.8 Sensor de posición del eslabón.....	12
Figura 1.9 Articulación inteligente.....	13
Figura 1.10 Pipeline Crawl.....	14
Figura 1.11 Sistema de control.....	16

Capítulo II: Antecedentes.

Figura 2.1 Estructura mecánica del robot.....	20
Figura 2.2 ASIBOT anclado en <i>docking stations</i>	21
Figura 2.3 <i>Docking stations</i> con solenoide.....	21
Figura 2.4 Eje de la articulación 3.....	22
Figura 2.5 Eje de la articulación 5.....	22
Figura 2.6 Eslabones del ASIBOT.....	23
Figura 2.7 Tubo de los eslabones largos.....	24
Figura 2.8 Muñeca.....	24
Figura 2.9 Contactos del cono.....	26

Figura 2.10 Contactos de la <i>docking stations</i>	26
Figura 2.11 Herramientas del ASIBOT.....	27
Figura 2.12 Motor.....	28
Figura 2.13 Elementos del <i>Harmonic drive</i>	29
Figura 2.14 Freno electromagnético.....	30
Figura 2.15 Sensores inductivos.....	33
Figura 2.16 Encoder RCML15.....	34

Capítulo III: Prospectiva tecnológica.

Figura 3.1 Imagen de un circuito flexible.....	39
Figura 3.2 Curvatura de una placa flexible.....	45
Figura 3.3 Circuito flexible en cámara.....	46
Figura 3.4 Circuito impreso en móvil.....	47

Capítulo IV: Definición de especificaciones.

Figura 4.1 Esquema general de conexionado por eje.....	49
Figura 4.2 Cable de 0.25mm ²	51
Figura 4.3 Cable de 0.5mm ²	52
Figura 4.4 Cable plano.....	53
Figura 4.5 Conexionado entre elementos de control.....	55
Figura 4.6 Fotografía de la phycore PXA270.....	56
Figura 4.7 Driver.....	57
Figura 4.8 Driver sin carcasa.....	60
Figura 4.9 Esquema del driver.....	60
Figura 4.10 Dimensiones del driver.....	61

Figura 4.11 Esquemático del ULN2064.....	62
Figura 4.12 Patillaje del amplificador de corriente...	63
Figura 4.13 <i>Encoder</i> absoluto.....	64
Figura 4.14 Pines del <i>encoder</i> absoluto.....	67
Figura 4.15 dimensiones del <i>encoder</i> absoluto.....	67
Figura 4.16 Secuencia de señales.....	68
Figura 4.17 Conexionado del <i>encoder</i> y CANopen F40.....	68
Figura 4.18 Chip del CANopen y pines.....	69
Figura 4.19 Topología en bus.....	72
Figura 4.20 Topología en estrella.....	72
Figura 4.21 Topología en árbol.....	73
Figura 4.22 Topología en anillo.....	73
Figura 4.23 Topología en conexión total.....	74
Figura 4.24 Esquema del CAN.....	75
Figura 4.25 Esquema de protección de 24V.....	81
Figura 4.26 Dimensiones del TSI 10N-2411.....	84
Figura 4.27 Conexionado del TSI 10N-2411.....	85
Figura 4.28 Gráfico del SMBJ5.0A.....	86
Figura 4.29 Conexionado del TSI 10N-0510.....	89
Figura 4.30 Ventilador.....	91

Capítulo V: Desarrollo.

Figura 5.1 Dimensiones del tubo largo.....	93
Figura 5.2 Dimensiones del tubo corto.....	94

Figura 5.3 Dimensiones útiles del tubo largo.....	96
Figura 5.4 Dimensiones útiles del tubo corto.....	97
Figura 5.5 Estructura del ASIBOT.....	98
Figura 5.6 Señales dentro del ASIBOT.....	103
Figura 5.7 Dimensión tubo largo placa inferior.....	104
Figura 5.8 Dimensión tubo largo placa superior.....	104
Figura 5.9 Dimensión placa tubo corto.....	105
Figura 5.10 Dimensión de plancha tubo largo.....	106
Figura 5.11 Dimensión de plancha tubo corto.....	107
Figura 5.12 Mini-Fit hembra.....	108
Figura 5.13 Mini-Fit macho.....	108
Figura 5.14 Micro-Fit hembra.....	109
Figura 5.15 Micro-Fit macho.....	109
Figura 5.16 Conectores macho.....	109
Figura 5.17 Brida y manguera.....	110
<u>Capítulo VI: Conclusiones y trabajos futuros.</u>	
Figura 6.1 Galga extensiométrica.....	113
Figura 6.2 Joystick.....	114

Índice de tablas.

Capítulo I: Introducción.

Tabla 1.1 Estructura del mensaje ID.....	17
--	----

Capítulo II: Antecedentes.

Tabla 2.1 Características de los motores.....	28
Tabla 2.2 Función de cada pin del <i>encoder</i>	35
Tabla 2.3 Características de la <i>Cerfboard</i>	36

Capítulo IV: Definición de especificaciones.

Tabla 4.1 Colores de los cables de potencia.....	50
Tabla 4.2 Sección de cada cable.....	50
Tabla 4.3 Características del cable de 0.25mm ²	51
Tabla 4.4 Características del cable de 0.5mm ²	51
Tabla 4.5 Características del cable.....	52
Tabla 4.6 Colores de los cables de control.....	53
Tabla 4.7 Características de la <i>phycore PXA270</i>	56
Tabla 4.8 Pines del driver.....	58
Tabla 4.9 Características del driver MCDC 3006C.....	61
Tabla 4.10 Características del ULN2064.....	62
Tabla 4.11 Características eléctricas.....	65
Tabla 4.12 Función de los pines del <i>encoder</i>	66
Tabla 4.13 Función de los pines del CANopen.....	70
Tabla 4.14 Trama de ethernet.....	76
Tabla 4.15 Componentes alimentados a 24V.....	80
Tabla 4.16 Consumo de los motores.....	80

Tabla 4.17 Características de SMCJ24A.....	82
Tabla 4.18 Componentes alimentados a 5V.....	83
Tabla 4.19 Características del TSI 10N-2411.....	84
Tabla 4.20 Patillaje del TSI 10N-2411.....	85
Tabla 4.21 Características de SMBJ5.0A.....	86
Tabla 4.22 Características del TSI 10N-0510.....	88
Tabla 4.23 Características del V3.5MLA0806A.....	89
Tabla 4.24 Características de los ventiladores.....	91

Capítulo I

Introducción.

1.1. Descripción

El robot ASIBOT se clasifica en la categoría de robot asistencial ya que la principal función para la cual ha sido diseñado es para ayudar a las personas con movilidad reducida a realizar tareas diarias como pueden ser comer, beber, asearse, etc.

Otra clasificación que se puede hacer de ASIBOT es como escalador ya que tiene la posibilidad de desplazarse a través de unos anclajes, denominadas *docking stations*, instalados en el entorno por el cual se desea que el robot se desplace.

Se puede clasificar dentro de la categoría de manipulador ya que puede mantener uno de sus extremos libres y posee un sistema de agarre mediante unas pinzas.

La estructura de ASIBOT es totalmente simétrica lo cual es muy útil para poder realizar los desplazamientos. De esta manera el robot puede anclarse por un extremo y con el otro realizar la tarea necesaria y en el momento en el cual necesite desplazarse puede anclarse por el otro extremo y mantener el otro libre.

El robot ASIBOT consta de cinco ejes en los cuales se ubican los motores que serán los encargados de producir el movimiento del robot. En todos estos ejes se produce un movimiento simple de rotación respecto al eje del motor.

Como ya se ha comentado el robot es simétrico y toda la electrónica necesaria está embebida en dos tubos de fibra de carbono que son los eslabones centrales.

Estos dos tubos no tienen las mismas dimensiones ya que uno de ellos es de la misma pieza que el eje central y el otro no. Debido a esto las placas que vayan dentro de los tubos serán de diferentes dimensiones y por eso a partir de aquí para referirnos a la placa de mayor longitud nos referiremos como la placa del tubo largo y para referirnos a la otra placa lo haremos como la placa del tubo corto.

La estructura de ASIBOT se muestra en la figura 1.1.

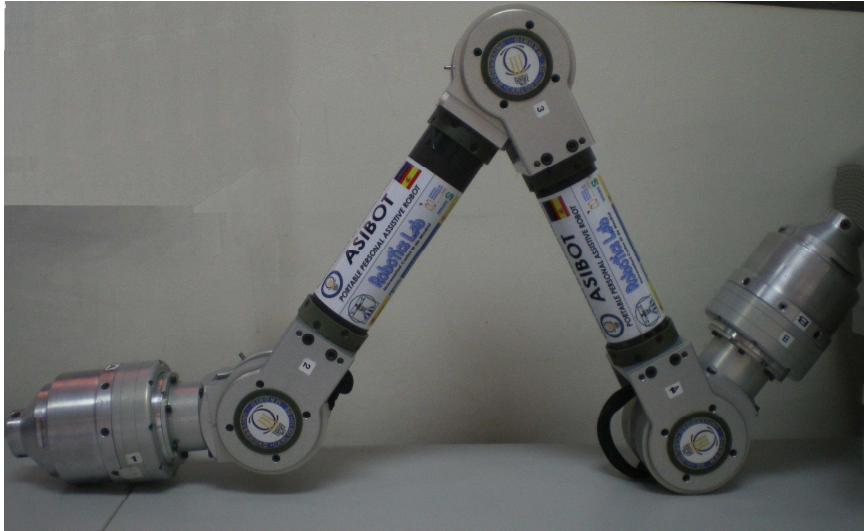


Figura 1.1 : ASIBOT.

Una característica muy importante de ASIBOT es que no necesita un sistema de control externo para el movimiento ya que es capaz de producirlo internamente con sus sistemas electrónicos.

Los movimientos del robot pueden ser ordenados por el usuario a través de una PDA o de un *joystick*. También existe la posibilidad de programar ciertos movimientos que forman una determinada tarea que se repite con frecuencia. De esta manera el usuario sólo tendrá que dar la orden de que se lleve a cabo esa determinada tarea.

Otra de sus características más importantes es que no necesita estar provisto de baterías ni de otros elementos de almacenamiento de energía ya que la obtiene a partir de las *docking stations*. Gracias a este método de alimentación el peso del robot se reduce mucho siendo este de unos 14 Kg. aproximadamente.

1.2. Objetivos.

En este proyecto se pueden diferenciar varios objetivos distintos que se pueden clasificar en:

- Sustitución de componentes electrónicos, diseño y realización de placas para poder llevar a cabo las comunicaciones mediante el CANBUS.
- Mejora del sistema sensorial introduciendo *encoders* absolutos.

Este proyecto parte de la versión del robot denominado ASIBOT 1.0 de la cual se va a mantener toda la estructura mecánica, pero la parte electrónica va a tener que ser modificada en gran parte ya que el ASIBOT 1.0 no constaba de las comunicaciones mediante CANBUS, ni de los componentes necesarios para llevarla a cabo.

Este proyecto también parte de algunos elementos que ya habían sido seleccionados como:

- La CPU dotada del interfaz de CANBUS que permitiera llevar a cabo las nuevas comunicaciones.
- Los *drivers* que fueran compatibles con este tipo de comunicaciones.

Para poder llevar a cabo estos objetivos hay que tener en cuenta las siguientes especificaciones:

- Hacer una definición óptima de los componentes necesarios y utilizar aquellos que más se acerquen a esa definición.
- El tamaño de los componentes debe ser el mínimo posible para que puedan caber en el interior de los tubos y si es posible hacer que sobre espacio para futuras ampliaciones.
- También ha de intentarse que el peso de los componentes sea el menor posible para reducir el peso total del robot y que sea más portable.
- Hay que realizar un buen diseño de las placas con la ubicación de componentes y el rutado más óptimo para reducir el tamaño y que las placas tengan espacio suficiente en el interior de los tubos.
- El cableado y conexionado debe ser lo más fino y flexible posible para asegurar la robustez del funcionamiento del robot.
- Los conectores también deben ser del menor tamaño posible para que puedan caber en el interior de los tubos.

1.3. Aplicaciones.

La principal aplicación del robot ASIBOT es asistencial utilizado para prestar ayuda a personas mayores o con alguna discapacidad física que no les permita total capacidad de movimiento. Para que el robot pueda ser utilizado como asistencial ha de ser seguro para el usuario y no puede tener fallos.

El robot ASIBOT podría ser utilizado en otros ámbitos como puede ser el sector industrial. Algunas de sus aplicaciones podrían ser las siguientes:

- En tareas repetitivas como las que se pueden llevar a cabo en una cadena de montaje como pueden ser las de soldadura, atornillado de piezas, remachadoras, etc.
- En tareas peligrosas como las realizadas a grandes alturas en centrales petrolíferas, etc.
- En tareas con materiales tóxicos o inflamables como pueden ser tareas realizadas con pintura o gasolinas y alcoholes.

Otro ámbito podría ser el espacial, además como puede ser manejado a distancia no haría falta la presencia humana cerca del robot.

Otro ámbito podría ser el de la medicina aunque se necesitaría mucha precisión y seguridad.

En realidad existen multitud de aplicaciones en las que se podría utilizar ASIBOT. Simplemente tiene que haber unas condiciones para que se pueda llevar a cabo la carga y que se disponga de un entorno donde poder instalar las *docking stations*.

1.4. Estado del arte.

En este apartado del estado del arte se van a comentar las características de dos robots que poseen ciertas semejanzas con ASIBOT. Estos robots son:

- Light-Weight robot II: las semejanzas de este robot con el ASIBOT son sobre todo físicas ya que es igualmente un brazo manipulador.
- Pipeline Crawl: cuyas semejanzas con el robot ASIBOT son principalmente en el sistema de comunicaciones que se lleva a cabo mediante un bus tipo CAN en ambos robots.

1.4.1. Light-Weight robot II.

1.4.1.1. Introducción.

Este robot tiene una estructura muy similar al robot ASIBOT, por ello y por la urgente necesidad del mercado de incorporar robots con capacidades similares a los brazos humanos, se va a describir la estructura hardware y el funcionamiento del robot Light-Weight II. En la figura 1.2 se muestra una fotografía del robot.



Figura 1.2 : Robot Light-Weight II.

Las características más importantes son la gran proporción de carga de peso, el control de giro de las articulaciones, el aumento de la flexibilidad y de la capacidad de manipular debido a los siete grados de libertad que posee, el bajo consumo de alimentación y la gran integración de sensores y electrónica.

1.4.1.2. Estructura mecánica.

Mecánicamente un brazo de robot en una plataforma móvil debería ser capaz de mover masas de 8Kg, tener una longitud de 1m aproximadamente y poseer una mano con destreza y capaz de moverse en ámbitos humanos.

Para conseguir los requerimientos anteriores se realizó una simulación de la cinemática para lograr la mejor configuración de las articulaciones. Los motores y reductores fueron elegidos a partir de la simulación para obtener los giros de las articulaciones deseados.

El diseño de las partes mecánicas y la integración de todos los componentes electrónicos fueron hechos usando técnicas de 3D-CAD. Esto dio lugar al nuevo prototipo virtual del Light-Weight robot el cual sería fácil de fabricar y ensamblar.

En la figura 1.3 se muestra la simulación cinemática basada en 7 articulaciones, en la capacidad de carga de 8Kg y longitud de 1m. En esta simulación se han elegido trayectorias que consisten en tres espirales perpendiculares.

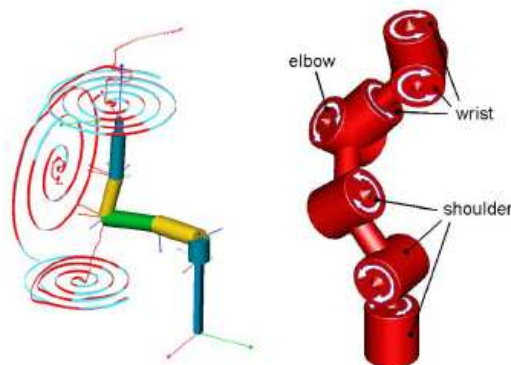


Figura 1.3 : Simulación cinemática de Light-Weight.

Cada articulación contiene:

- Un sensor de giro.
- Un sensor de posición.
- Un sensor de posición del motor.
- Un freno electromagnético.

Todos estos componentes incluidos los motores y los reductores están ubicados dentro de la carcasa para ahorrar el espacio que sea posible.

Las carcasas están fabricadas de aluminio reduciendo así el peso en un 40%, además están diseñadas para transferir la energía térmica del motor al aire de alrededor.

Considerando las aplicaciones, este robot debería ser capaz de operar en cualquier ambiente desconocido. También debe garantizar la seguridad de los humanos con los que pueda tener contacto y de la estructura del propio robot. Esta fue una de las principales razones de introducir sensores de giro en cada articulación, permitiendo también con ellos una compensación gravitatoria.

1.4.1.3. Componentes electrónicos.

A continuación se van a describir algunos de los componentes más importantes que están embebidos en el Light-Weight robot.

En la figura 1.4 se muestra un esquema de los componentes electrónicos del Light-Weight robot.

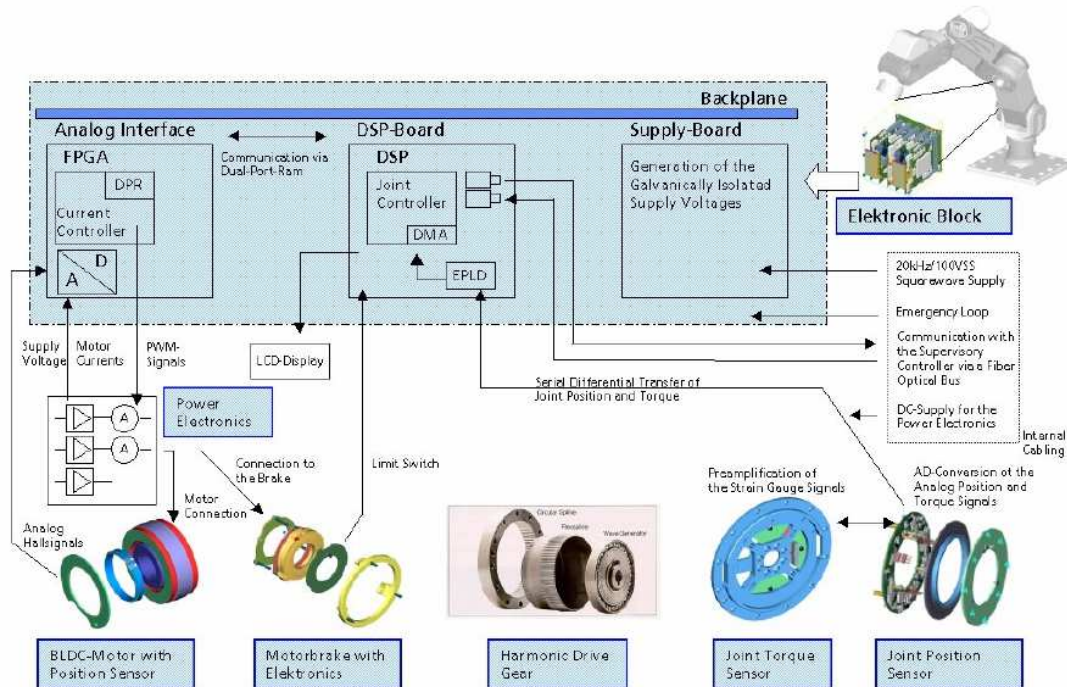


Figura 1.4 : Esquema electrónico de Light-Weight.

1.4.1.3.1. Motor DC con escobillas con sensor de posición.

Es esencial que la posición del motor pueda ser controlada exactamente. Para ello hay dos sensores hall analógicos integrados en el motor. Los dos sensores tienen un desplazamiento de manera que sus salidas corresponden a las señales de seno y coseno. Con el seno y coseno se calcula la posición del motor. Los sensores de los que se está hablando se pueden ver en la figura 1.5.

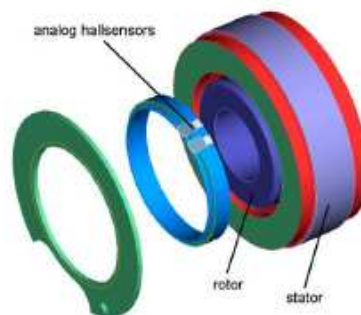


Figura 1.5 : Motor DC con escobillas.

1.4.1.3.2. Freno de seguridad.

Cada articulación está equipada con un freno de seguridad. Una electrónica inteligente reduce la potencia de disipación de los frenos por un factor de 10. La masa total fue reducida de 281g a 155g. Otro buen ejemplo de aprovechamiento mecánico es que la electrónica de control y los circuitos están directamente montados en el freno. Esto se puede ver en la figura 1.6.



Figura 1.6 : Frenos y electrónica.

1.4.1.3.3. Sensor de giro.

La deformación de los radios es medida por galgas extensiométricas. La variación de la resistencia de las galgas extensiométricas es proporcional a la rotación aplicada. Al utilizar ocho galgas extensiométricas los efectos de temperatura y las fuerzas transversales pueden ser compensadas. Esto se muestra en la figura 1.7.

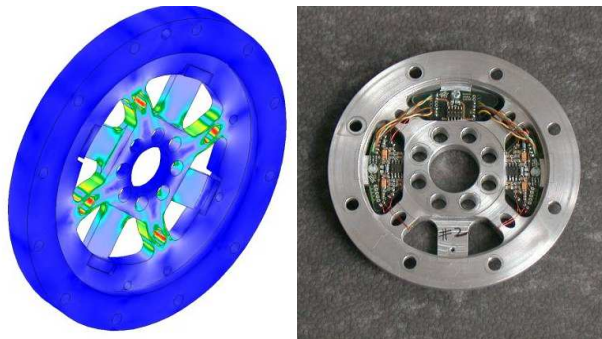


Figura 1.7 : Galgas extensiométricas.

1.4.1.3.4. Sensor de posición del eslabón.

El sensor de posición del eslabón es capaz de medir posición con una precisión de $0,01^\circ$. Como la posición absoluta es medida, tiene que ser realizada durante el encendido del robot. La señal analógica del sensor de posición de la articulación y la señal de giro son digitalizadas y transferidas a la placa DSP. A continuación, en la figura 1.8 se muestra el sensor de posición del eslabón.

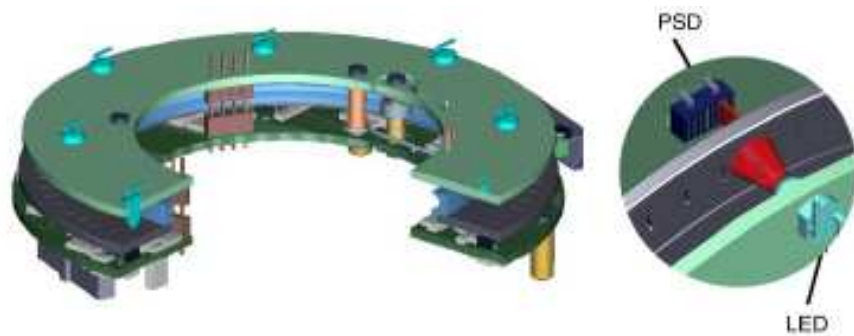


Figura 1.8 : Sensor de posición del eslabón.

1.4.1.3.5. Cableado interno.

Los cables son necesarios para que los sistemas estén internamente alimentados a través del robot. Esto es especialmente importante en los robot de servicio ya que deben ser capaces de operar en ambientes obstruidos. En el caso del robot Light-Weight se pueden utilizar cables de pequeño tamaño debido a que el consumo de energía no es muy alto. Los cables existentes consisten en uno para la corriente alterna, otro para la continua, otro de emergencia y dos de fibra óptica.

1.4.1.4. Resumen.

En resumen toda la alimentación y electrónica ha sido integrada en una articulación inteligente como se muestra en la figura 1.9.

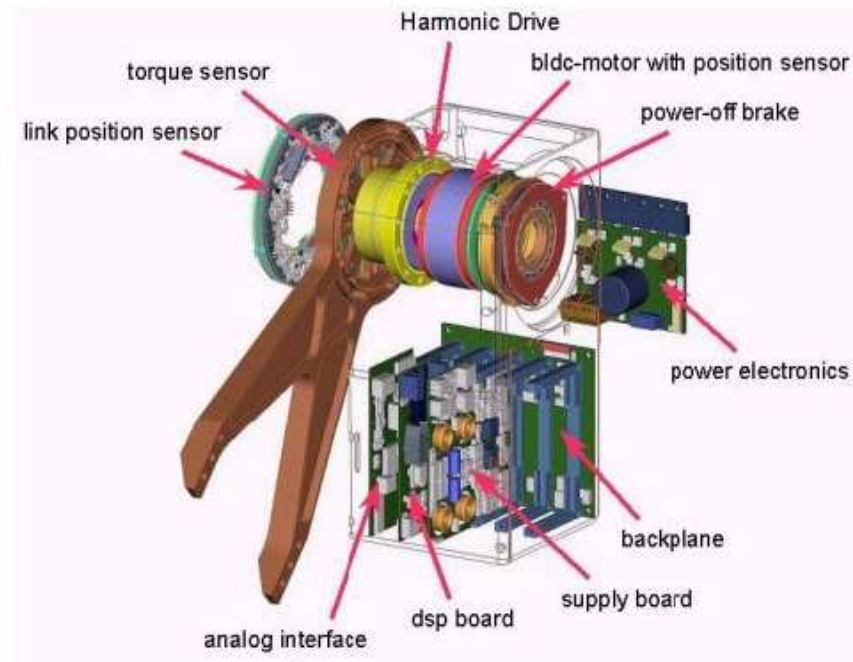


Figura 1.9 : Articulación inteligente.

El manipulador ha aumentado su flexibilidad debido a los siete grados de libertad.

El siguiente paso es intentar reducir el peso del robot reduciendo el rotor del motor con un nuevo freno que pesa sólo 30g, y con más tecnología en fibra de carbono.

1.4.2. Pipeline Crawl.

1.4.2.1. Introducción.

Este robot es como un cangrejo que se mueve por tuberías de aceite para ver su estado y poder evitar así accidentes. En la figura 1.11 se muestra una fotografía de este robot.



Figura 1.10 : Pipeline Crawl.

Las principales aplicaciones de este robot son en metalurgia, refinerías de petróleo, centrales químicas, suministros de agua y otras profesiones especiales.

La misión de este robot es verificar si las tuberías están erosionadas o deterioradas para poder evitar accidentes, de modo que el mantenimiento periódico y la revisión y reparación es realmente necesaria en las tuberías de las fábricas.

Una de las técnicas clave en estos robots es la electrónica. Además se ha procurado que sea más flexible, que tenga un consumo menor de potencia y otros requerimientos especiales.

Para que el robot pueda pasar por la tubería deben cumplirse algunas características como que la longitud de la tubería sea máximo de 20Km de longitud y que el diámetro no sea de más de 297mm. Algo que hay que tener en cuenta es que el robot es requerido para trabajar a 20m de profundidad.

El proceso de inspección de las tuberías de aceite se van a realizar en dos pasos:

1. La presión del aceite y una inspección supersónica es utilizada para realizar una inspección on-line.

2. Basándose en la información del primer paso y utilizando el robot se realiza una inspección y localización en tiempo real de las tuberías.

La velocidad del robot es de 1Km/h (278mm/s) y la velocidad de detección es de 0.5Km/h (139mm/s).

Las ruedas que posee pueden adaptarse a diferentes diámetros de las tuberías automáticamente.

El robot puede operar en agua con 2MPa de presión.

Las comunicaciones internas se llevan a cabo mediante CAN bus.

1.4.2.2. Diseño hardware del sistema de control.

El sistema de control utilizado es el CAN bus porque tiene una gran eficiencia, es estable y fácil de instalar. Considerando las limitaciones de espacio y la baja energía el controlador elegido es el Philips LPC2119. En la figura 1.11 se muestra un esquema del sistema de control.

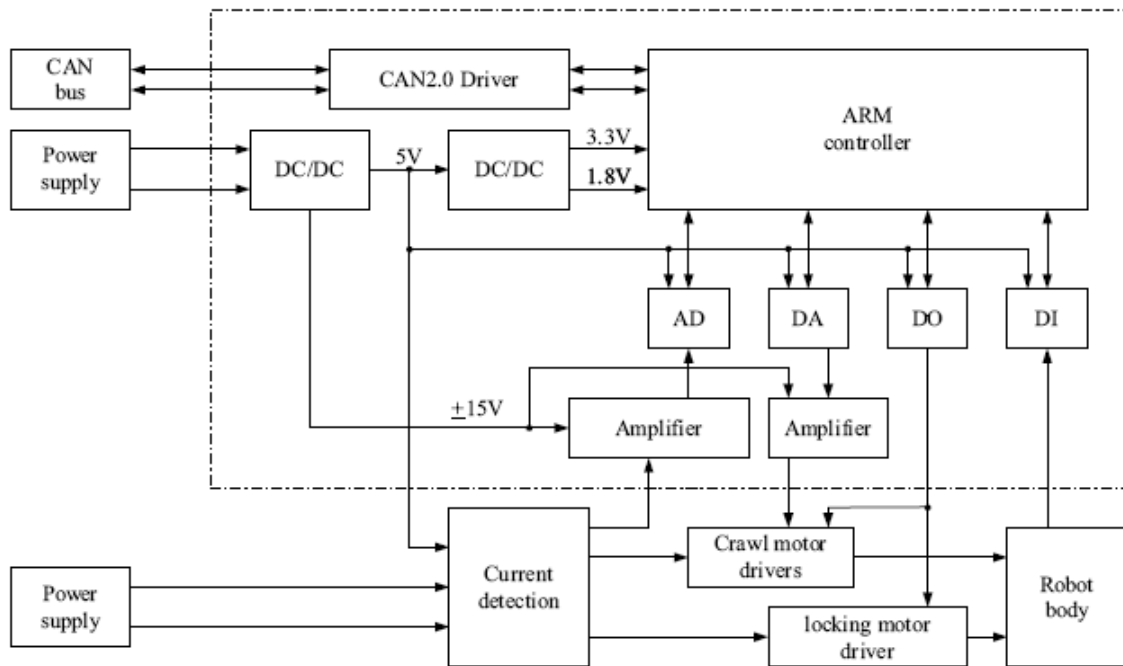


Figura 1.11 : Sistema de control.

1.4.2.3. CAN bus.

Basado en las características del robot, el protocolo fue diseñado para simplificar la comunicaciones.

El mensaje del CAN es diseñado como un mensaje estándar con 8 bits de datos y la dirección de la fuente y la del destinatario del mensaje es incluida en el mensaje ID.

El mensaje ID no lleva exactamente lo que conocemos como dirección de un nodo del CAN. Basado en el CAN2.0 la estructura de los datos puede ser definido de manera especial para incluir la información necesaria. De esta manera se puede incluir alguna información en mensaje ID.

En la siguiente tabla, la tabla 1.1, se muestra la estructura del mensaje ID.

ID.10-ID.8	ID.7-ID.4	ID.3-ID.0
Tipo de mensaje contenido	Dirección del destinatario	Dirección de la fuente

Tabla 1.1 : Estructura del mensaje ID.

El conflicto ocurre cuando dos o más nodos envían el mensaje al CAN bus simultáneamente. De acuerdo con la regulación, el valor numérico del mensaje ID más bajo tendrá más prioridad. Esto es porque se pone el tipo del mensaje en los primeros cuatro bits y la prioridad se define mediante la dirección de la fuente.

Cada controlador del CAN integrado es LPC2119 MCU que tiene una estructura de registro similar al Philips SJA1000 y el Pelican.

La función fundamental del sistema de control es la comunicación entre las unidades del crawling y el regulador central. Generalmente la unidad de disco ejecuta el comando del regulador central y devuelve sus resultados. El software utilizado es ADS1.2.

Capítulo II

Antecedentes.

2.1. Estructura mecánica.

Mecánicamente, un robot está formado por una serie de elementos o eslabones unidos mediante articulaciones que permiten un movimiento relativo entre cada dos eslabones consecutivos.

Normalmente cada articulación permite sólo un movimiento simple, translación o rotación en torno a un eje; aunque se puede dar la combinación de ambos.

Una de las maneras de clasificar robots según su estructura mecánica es por los grados de libertad. Los grados de libertad (GDL), son cada uno de los movimientos independientes que puede realizar cada articulación con respecto a la anterior.

En el caso de ASIBOT todas las articulaciones tienen un solo movimiento, de rotación respecto al eje del motor. Por otro lado habría que decir que tiene cinco grados de libertad.

Los elementos mecánicos en los cuales se puede dividir un robot son:

- Base.
- Articulaciones.
- Eslabones.
- Muñeca.
- Elemento terminal.

En la figura 2.1. vienen representado el robot ASIBOT y algunas de las distintas partes mecánicas de las que consta.

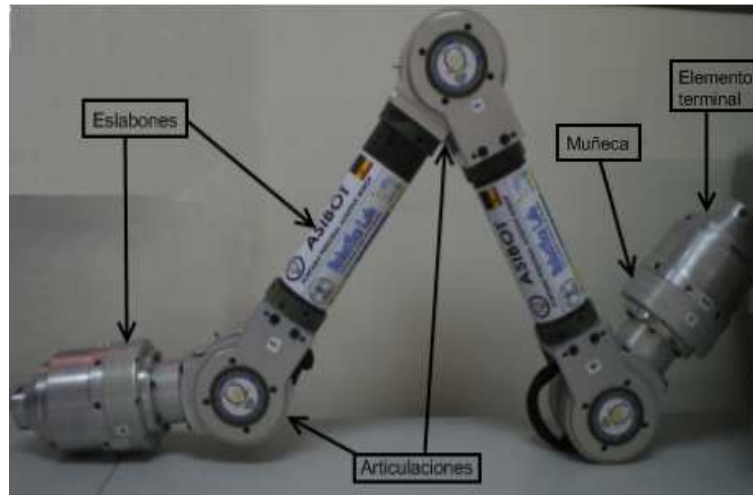


Figura 2.1 : Estructura mecánica del robot.

2.1.1. Base.

La base del robot ASIBOT se puede considerar fija aunque el robot tiene la posibilidad de desanclarse y anclarse en distintos conectores de anclaje, o *docking stations*.

Los soportes están distribuidos de manera que el robot se pueda anclar en una *docking station* dejando el otro extremo libre para realizar una tarea y cuando necesite desplazarse tendrá que dejar la herramienta y anclarse en otra *docking station*. Estos soportes y el robot anclado en ellos se puede ver en la figura 2.2.



Figura 2.2 : ASIBOT anclado en *docking stations*.

A través de la base y de sus anclajes, el robot también recibe la energía necesaria para su funcionamiento.

Cada *docking station* posee un solenoide con un vástago que se introducirá en un agujero que tiene el cono para que el robot permanezca fijo. En la figura 2.3. se puede ver la *docking station* con su solenoide.

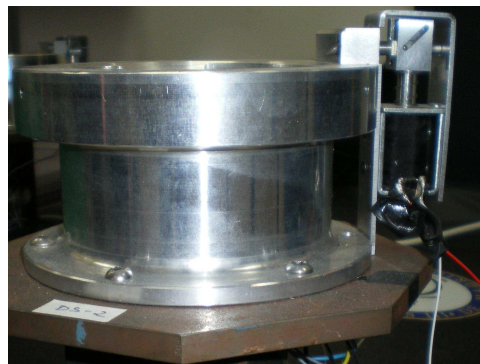


Figura 2.3 : *Docking station* con solenoide.

2.1.2. Articulaciones.

Una articulación es la unión de dos eslabones.

El robot ASIBOT tiene cinco articulaciones que serán numeradas del 1 al 5 comenzando por un extremo. No todas las articulaciones son iguales de manera que podríamos decir que las articulaciones de los extremos son iguales entre sí y las otras tres articulaciones serían de otro tipo distinto.

La diferencia entre las tres articulaciones centrales y las dos de los extremos es que el movimiento de las articulaciones centrales 2, 3 y 4 tienen el eje de rotación perpendicular a la estructura longitudinal del robot y las articulaciones de los extremos 1 y 5 tienen el eje de rotación coincidente con el eje longitudinal de robot.

En la figura 2.4. se puede ver como el eje de rotación es perpendicular a la estructura longitudinal como en la articulación 2, 3 y 4 y en la figura 2.5. se puede ver un ejemplo de la articulación de los extremos, en las cuales el eje de rotación coincide con el eje longitudinal.



Figura 2.4 : Eje de la articulación 3.



Figura 2.5 : Eje de la articulación 5.

2.1.3. Eslabones.

El robot ASIBOT tiene cuatro eslabones que están comprendidos entre articulación y articulación. Estos eslabones se pueden clasificar en dos grupos generales. Esta clasificación y sus diferencias se pueden observar en la figura 2.6.

Clasificación de los eslabones:

1. Eslabones largos: estos eslabones son dos tubos de fibra de carbono de 60mm de diámetro como el que se muestra en la figura 2.7. Los eslabones tienen distintas longitudes para poder lograr la simetría del robot y por eso se clasifican en:

- Tubo largo: es el tubo de mayor longitud y es el comprendido entre las articulaciones 3 y 4.
- Tubo corto: es el tubo de menor longitud que es el comprendido entre las articulaciones 2 y 3.

2. Eslabones cortos: los dos son de la misma longitud, están comprendidos entre las articulaciones 1 y 2; 4 y 5 respectivamente. Están fabricadas de aluminio y por eso es más difícil diferenciarlos del resto de la estructura del robot, que es del mismo material.

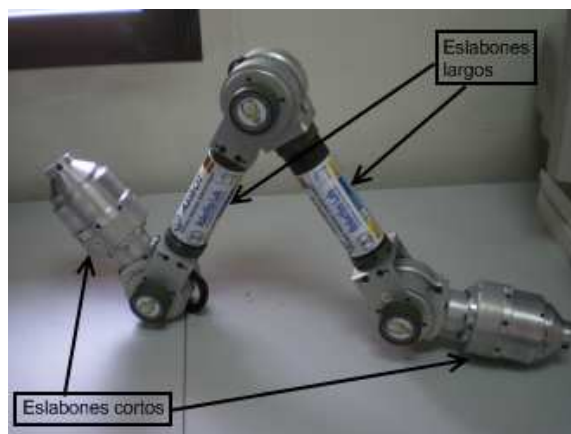


Figura 2.6 : Eslabones de ASIBOT.



Figura 2.7 : Tubo de los eslabones largos.

2.1.4. Muñeca.

La muñeca normalmente es el eslabón final del robot y sirve para orientar la herramienta o el elemento terminal que lleve en su extremo.

En el caso de ASIBOT consideramos muñeca a los dos eslabones de los extremos, es decir, a los eslabones cortos mencionados en el apartado anterior. En la figura 2.8. se pueden ver la muñeca y el cono aunque es un poco difícil de diferenciar ya que son del mismo material.



Figura 2.8 : Muñeca.

2.1.5. Elemento terminal.

Los elementos finales también llamados efectores finales son los encargados de interactuar directamente con el entorno del robot.

Los elementos terminales pueden ser tanto elementos de aprehensión como herramientas.

En muchos casos los elementos terminales son diseñados específicamente para cada tipo de trabajo.

Los elementos terminales se clasifican en:

1. Elementos terminales de sujeción.
2. Elementos terminales herramienta.

2.1.5.1. Elementos de sujeción.

El elemento terminal de sujeción del robot son los conos. El robot posee dos conos, uno en cada extremo para poder anclarse a la *docking station*, que es un hueco donde encaja el cono.

Cuando el cono está encajado en el hueco de la *docking station* se gira y se acciona un solenoide, que tiene la *docking station*, para que quede fijo.

El cono posee dos contactos en el extremo. Mediante estos contactos se produce una conexión con dos contactos que también posee la *docking station*. Estos dos contactos son los correspondientes a la alimentación de 24Vdc y la tierra que le llegan al robot a través de la *docking station*. En la figura 2.9. se muestran los contactos del cono y en la figura 2.10. se muestran los contactos del anclaje de la *docking stations* en las cuales se anclan los conos.



Figura 2.9 : Contactos del cono.



Figura 2.10 : Contactos de la *docking stations*.

2.1.5.2. Herramientas.

ASIBOT tiene multitud de herramientas con una base fabricada a medida para poder anclarse en el cono.

Las herramientas de las que dispone ASIBOT son herramientas fabricadas para la ayuda de personas con movilidad reducida. Algunas de estas herramientas son para la higiene personal como máquinas de afeitar, esponjas, cepillos de dientes; otras son para sostener una cuchara, un tenedor o una botella de agua y otra que es una pinza con tres dedos para poder coger y sostener cualquier objeto con un peso menor de 1Kg. En la figura 2.11. se muestran algunas de las posibles herramientas que puede tener el ASIBOT.



Figura 2.11 : Herramientas de ASIBOT.

2.2. Arquitectura interna de control.

2.2.1. Actuadores o motores.

Los actuadores tienen como misión generar el movimiento de los elementos del robot según órdenes recibidas.

Se clasifican en tres grandes grupos según la energía que utilizan y estos son:

- Hidráulicos.
- Neumáticos.
- Eléctricos.

El robot ASIBOT consta de cinco motores eléctricos de corriente continua, uno en cada articulación. Todos los motores producen un movimiento de rotación.

Estos motores de corriente continua constan de escobillas y son de accionamiento directo por lo que no sería necesaria la utilización de reductores. Estos motores son denominados *torque motor*. En la figura 2.12. se muestra como es el motor y las distintas partes que lo componen.

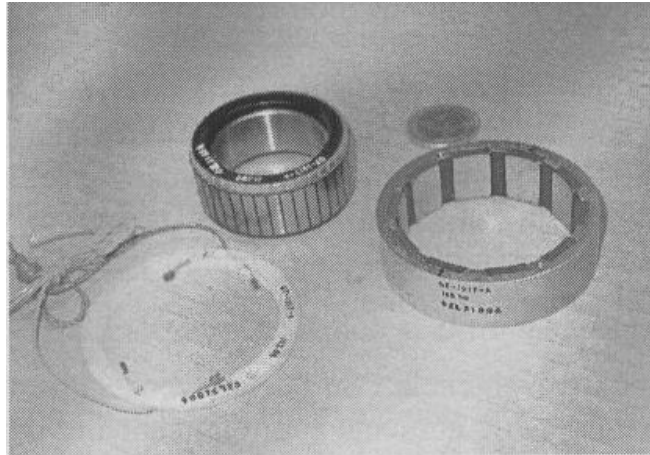


Figura 2.12 : Motor.

El *torque motor* que posee el robot es del modelo QT-1917 de la casa Kollmorgen y en la tabla 2.1 se muestran sus características electromecánicas.

Tensión de alimentación	24Vdc
Par de pico	0,86 N·m
Corriente máxima (I_{\max})	13 ^a
Corriente en vacío (I_o)	0,8 ^a
Constante del motor	0,05 N·m/w ^{1/2}
Peso	270g

Tabla 2.1 : Características de los motores.

2.2.2. Reductores.

Los reductores disminuyen las altas velocidades de giro de los ejes de los motores aumentando el par.

Los tipos de reductores que existen son:

- Planetarios: este tipo de reductores tienen un bajo coste, también gran variedad, alto par de transmisión aunque tiene alta inercia, gran peso y grandes juegos.

- Ciclo: este tipo tiene media inercia, pequeño peso y medios juegos pero su precio es medio y tiene un par de transmisión bajo.
- *Harmonic Drive*: su inercia es baja, tiene un peso pequeño y pequeños juegos aunque su coste es alto y su par de transmisión no es excesivamente alto.

En ASIBOT se utiliza como reductor el de tipo *Harmonic Drive*.

El *Harmonic Drive* se basa en una corona exterior rígida con un dentado interior (*circular spline*) y un vaso flexible (*flexpline*) con dentado exterior que engrana en el *circular spline*. Interior al vaso gira un rodamiento elipsoidal (*wave generator*) que desforma el vaso, poniendo en contacto la corona exterior con la zona del vaso correspondiente al máximo diámetro de la elipse. Estas partes que forman el *Harmonic Drive* vienen representadas en la figuras 2.13.

Al haber una diferencia de dientes $Z=N_c-N_f$, tras una vuelta del *wave generator*, el *flexible spline* solo avanza Z dientes. Relación Z/N_f .



Figura 2.13 : Elementos del *Harmonic Drive*.

2.2.3. Freno electromagnético.

El robot consta de cinco frenos, uno para cada eje del motor. Estos frenos tienen la peculiaridad de que cuando no están alimentados, el eje del motor al cual está acoplado permanece frenado y cuando se alimenta, el freno permite el movimiento del eje del motor.

Esta característica hace que el consumo de energía sea menor ya que sólo se tiene que alimentar cuando el robot se quiera mover. El resto del tiempo el robot está estático para lo cual no hace falta alimentarlo.

En la figura 2.14. se muestra como es el freno electromagnético seleccionado.

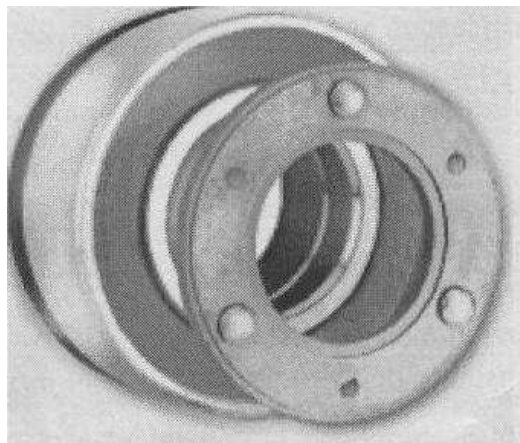


Figura 2.14 : Freno electromagnético.

2.3. Sistema sensorial.

Para conseguir que un robot realice su tarea con la adecuada precisión, velocidad e inteligencia, será preciso que tenga conocimiento tanto de su propio estado como del estado de su entorno.

La información relacionada con su propio estado, fundamentalmente la posición y la velocidad de sus articulaciones, la consigue con sus sensores internos.

La información relacionada con su entorno la consigue gracias a los sensores de presencia que se utilizan como sensores externos.

Clasificación de los sensores:

1. Sensores de presencia:

Este tipo de sensor es capaz de detectar la presencia de un objeto dentro de un radio de acción determinado. Esta detección se puede realizar con o sin contacto con el objeto.

En robótica los detectores de presencia se utilizan principalmente como auxiliares de los detectores de posición, para indicar los límites de movimiento de las articulaciones y permitir localizar la posición de referencia de cero de éstos en el caso de ser incrementales.

Además de esta aplicación los sensores de presencia se utilizan como sensores externos.

Hay diferentes tipos de sensores de presencia como los sensores inductivos, capacitivos, de efecto hall, célula reed, óptico, ultrasonido y de contacto.

2. Sensores de posición:

- Analógicos:
 - Potenciómetro.
 - Resolver.
 - Sincro.
 - *Inductosyn*.
 - LVDT.
- Digitales:
 - *Encoders* absolutos.
 - *Encoders* incrementales.
 - Regla óptica.

3. Sensores de velocidad:

La captación de la velocidad se hace necesaria para mejorar el comportamiento dinámico de los actuadores del robot.

La información de la velocidad de movimiento de cada actuador se realimenta normalmente a un bucle de control analógico implementado en el propio accionador del elemento motor.

Normalmente, y debido a que el bucle de control de velocidad es analógico, el captador utilizado es un tacogeneratriz que proporciona una tensión proporcional a la velocidad de giro de su eje.

2.3.1. Sensores inductivos.

Los sensores inductivos permiten determinar la presencia o contar el número de objetos metálicos y sólo metálicos sin necesidad de contacto físico.

Cada articulación del robot posee uno de estos sensores inductivos. En la inicialización estos sensores se utilizan para la sincronización del robot y una vez que esté en funcionamiento normal estos sensores se utilizan para comprobar el final del giro del eje.

Los sensores inductivos que se han utilizado en el ASIBOT son de tipo PNP. Se alimentan con 24Vdc y consumen 100mA cuando se activa la salida. El diámetro del sensor escogido es de 4mm.

En la figura 2.15. se ven los sensores inductivos que posee el robot y cual es su localización.



Figura 2.15 : Sensores inductivos.

2.3.2. *Encoders.*

Los *encoders* son uno de los sensores de control de posición angular más utilizados. Pueden ser absolutos o incrementales.

Los *encoders* incrementales constan de:

1. Un disco transparente con una serie de marcas opacas colocadas radialmente y equidistantes entre sí.
2. Un sistema de iluminación como puede ser un led emisor.
3. Un elemento foto-receptor.

Encoders, como es lógico, también hay cinco, uno por eje. Los ejes de los cuales se quiere saber la posición van acoplados al disco transparente.

Los *encoders* utilizados en ASIBOT son ópticos de tipo incremental de la marca Renco de la serie RCML15 con una resolución de 1024 pulsos por vuelta. Una de sus características más importantes que se ha valorado en la elección es su bajo perfil que es de 8,89mm. En la figura 2.16. se muestra como es el *encoder* utilizado.



Figura 2.16 : *Encoder* RCML15.

El patillaje del *encoder* utilizado es el representado en la tabla 2.2.

Función	Número de pin
GND	1
Z	2
CH A	3
+Vcc	4
CH B	5
U	6
V	7
W	8

Tabla 2.2 : Función de cada pin del *encoder*.

2.4. Unidad de control.

La unidad de control normalmente está formada por uno o varios microprocesadores, memorias, convertidores, unidades de entrada/salida, puertos, contadores, temporizadores, coprocesadores especializados, etc.

La unidad de control es la encargada de recibir las órdenes del usuario y transmitir las a los elementos actuadores para que realicen su función.

La unidad de control supervisa el correcto funcionamiento de los actuadores mediante realimentación, de manera que si algo va mal lo detecta y lo intenta corregir.

En este caso el elemento encargado de controlar el ASIBOT era una CPU de control consistente en un sistema *Cerfboard* para Windows CE de la marca Intrinsyc que consta de un microprocesador Intel StrongArm 1110 de 16 bits.

Las principales características de la *Cerfboard* se muestran a continuación en la tabla 2.3:

Procesador	Intel StrongArm 1110 133/206 MHz.
Memoria	FLASH: 16 Mbyte. SDRAM: 32 Mbyte, 100 Hz.
Comunicaciones	Puerto 10 BaseT Ethernet RJ45. Puerto USB Tipo B. 3 puertos serie RS232.
Tarjetas	CompactFlash de tipo I y II.
Input/Output	16 líneas digitales.
Display	Interfaz para LCD.
Tamaño	57mm x 69mm.
Alimentación	5Vdc. 400mA sin CompactFlash. 800-900mA de pico con CompactFlash.

Tabla 2.3 : Características de la *Cerfboard*.

Capítulo III

Prospectiva tecnológica.

En este capítulo se va a realizar una prospectiva tecnológica de circuitos flexibles debido a las grandes prestaciones que ofrecen. Entre estas prestaciones se destacan una gran reducción de peso y de volumen y la posibilidad de ajustarse a determinadas formas geométricas. Además con este tipo de circuitos se consigue un mejor aprovechamiento del espacio, siendo este un aspecto de gran importancia en el diseño del robot ASIBOT.

3.1. Diseño eléctrico con circuitos flexibles.

Estos circuitos son normalmente de 1 ó 2 caras, comprendiendo un film dieléctrico, típicamente un sustrato de polyimida o poliéster y una lámina de cobre en uno o ambos lados la cual es configurada utilizando los procesos de fotocomposición de imágenes y de corrosión, que derivan en una determinada geométrica de conductores para una aplicación específica.

Los circuitos de doble faz normalmente tienen sus agujeros metalizados (*plated-thruholes*) y tanto los circuitos de simple como doble faz usualmente tienen sus conductores protegidos con una máscara impresa (*covercoat*) o son encapsulados con una lámina aislante adhesivada (*coverlay*), pudiendo también tener sectores cubiertos con un refuerzo plástico adicional que aumenta la rigidez en áreas selectivas, facilitando el montaje y soporte de los componentes más pesados.

En la figura 3.1. se puede ver como es un circuito flexible y como se puede doblar.



Figura 3.1 : Imagen de un circuito flexible.

Hay varios tipos distintos de circuitos flexibles, que son:

- Circuito flexible de una sola cara: es el más simple de los circuitos aunque proporcionan la máxima flexibilidad para aplicaciones dinámicas y pueden soportar cientos de millones de ciclos de flexión simple. Son los más fácilmente adaptables a SMT, TAB y otros desarrollos en la tecnología de circuitos.

- Circuitos de doble cara: son algo limitados en su capacidad de flexión, debido al grosor, y su nivel de diseño es algo más complejo.

- Circuitos flexibles multicapa: son ideales para complejos requisitos de diseño. Pueden ser diseñados un gran número de conductores en un pequeño paquete. La flexibilidad puede ser algo limitada dependiendo del número de capas del diseño.

- Circuito rígido-flex: combinan circuitos rígidos y flexibles. Por tanto tienen ventajas de unos y otros.

3.2. Aplicaciones.

El uso de los circuitos flexibles ha progresado de un relativo bajo volumen, alto precio y aplicaciones en equipos de alto tecnología, a ocupar un lugar dentro de lo cotidiano en los elementos que se utilizan en nuestros hogares y, por consiguiente, a bajo costo y extendida utilización.

Aunque actualmente su incorporación es muy baja en diseños locales, han sido producidos durante dos décadas por la industria en cantidades significativas. Hoy existe una gama de aplicaciones en productos de uso habitual, en el hogar y en la oficina.

En la industria automotriz tienen distintas aplicaciones, desde los sensores del motor hasta las conexiones del panel de instrumentos. También en las paredes de ómnibus y automóviles. Desde que la industria automotriz incrementó su contenido de electrónica, el volumen de uso de circuitos flexibles ha aumentado notablemente.

Uno de los mayores mercados de crecimiento ha sido su aplicación en complementos y accesorios de mano, que van desde unidades GPS hasta asistentes digitales personales.

Por otro lado el mercado mayor y corriente para los circuitos flexibles se encuentra en los periféricos informáticos, los cuales incluyen paneles de *displays*, impresoras de chorro de tinta y discos rígidos.

También están en la actualidad en uso creciente en aplicaciones de la industria electromédica y de las telecomunicaciones.

3.3. Ventajas.

Los beneficios incluyen las variantes técnicas más deseadas por los fabricantes de productos electrónicos. Desde la solución a problemas de interconexión y compactación hasta su sorprendente comportamiento térmico. A continuación se explican estas ventajas con más detenimiento.

1. Una solución al problema de armonizar la ubicación e interrelación de grupos de componentes y subconjuntos.

- Los flexibles posibilitan inusualmente diseños para mejorar los problemas de interconexión.
- Se conforman fácilmente para complementar conjuntos de tres dimensiones (3D), posibilitando la compactación y consecuente reducción del tamaño de los equipos.
- Un circuito flexible tiene una favorable prestación costo-beneficio en la instalación y/o reparación de sus partes.

2. Reducción de costos de ensamblado.

- Los circuitos flexibles pueden ser testeados antes del montaje de componentes.
- La eliminación de conectores y uniones de soldadura reduce costos y aumenta la confiabilidad.

3. Sustitución de circuitos rígidos y cableado.

- Los circuitos flexibles simplifican el sistema de diseño.
- También reducen el número de interconexiones y eliminan el nivel de error humano en la confección y montaje de mazos de cables ya que los mismos son reemplazados por un circuito flexible diseñado por programas CAD que garantizan la repetitividad del proceso.

4. Reducción de peso y espacio.

- Considerable reducción de peso y espacio respecto de los mazos de cables.
- Su espesor total puede ser tan delgado como 0,10 mm.

5. Flexión dinámica.

- La delgadez del sustrato hace de los circuitos flexibles el mejor candidato para aplicaciones dinámicas soportando millones de flexiones.
- Soportan superiores condiciones de vibración que los circuitos rígidos.

6. Cualidades eléctricas.

- Facilita el control de impedancia y provee características eléctricas uniformes para circuitos de alta velocidad.
- Son especialmente apropiados en diseños que requieren líneas delgadas y alta densidad.

7. Comportamiento térmico y aplicaciones en requerimiento de altas temperaturas.

- Los circuitos flexibles disipan en mayor medida que cualquier otro dieléctrico.
- Se diseñan para soportar un amplio rango de temperaturas y ambientes extremos.

8. Estética.

- Los circuitos flexibles mejoran sensiblemente la apariencia interna de un conjunto electrónico, lo cual puede tener una influencia decisiva en la decisión de los fabricantes de equipos electrónicos y usuarios de implementar su aplicación.

3.4. Consideraciones de diseño.

Deben tenerse en cuenta las siguientes premisas cuando se diseña un circuito flexible:

- El sustrato de polyimida tiene una estabilidad de aproximadamente 1000 ppm, opuesto a las 200 ppm de los circuitos rígidos elaborados con epoxividrio FR4.
- La disminución de masa, la cual otorga ventajas de peso y espacio, se ve afectada por el proceso de soldadura manual, de manera que las islas o *pads* deben ser tan grandes como sea posible, diseñado *pads* con orejas que actúan como amarres adicionales para mejorar el anclaje de los mismos. La misma misión cumple la lámina protectora (*coverlay*), que debe tener aperturas ligeramente más pequeñas que los *pads*. La curvatura o doblez debe realizarse siempre entre zonas de *pads*. Esto puede mejorar la disipación de calor durante el proceso de soldadura y aumentar la resistencia en áreas débiles.

- Los planos de cobre no deben diseñarse como áreas macizas cuando se requiere mayor flexibilidad, debiéndose separar mediante líneas paralelas espaciadas para lograr el objetivo de evitar cortaduras o grietas en las trazas conductoras. Una manera de prevenir el quiebre de las trazas conductoras es realizar perforaciones entre las trazas en coincidencia con la línea del pliegue.
- En áreas curvadas o sometidas a ondulaciones o torsiones y vibraciones extremas las trazas conductoras deberían estar en un plano neutro, es decir, próximas al plano central. De este modo las trazas de cobre estarían cercanas al plano central si se trata de un flexible simple faz, o a cada lado del plano central, si se trata de un doble faz. Por tal motivo, no es recomendable la sustitución de las láminas protectoras (coverlay) por máscaras de tinta principalmente con espesores de cobre a partir de 18 micrones. Los radios de curvatura serían de alrededor de 10 veces superiores al espesor total del flexible y su comienzo alejado como mínimo a algo más de 1mm de los agujeros metalizados. Lo mencionado anteriormente se representa en la figura 3.2.
- Las áreas de cobre no deberían estar recubiertas de otros metales (Sn-Pb, Ni-Au, Ni) en las áreas dinámicas del flexible.

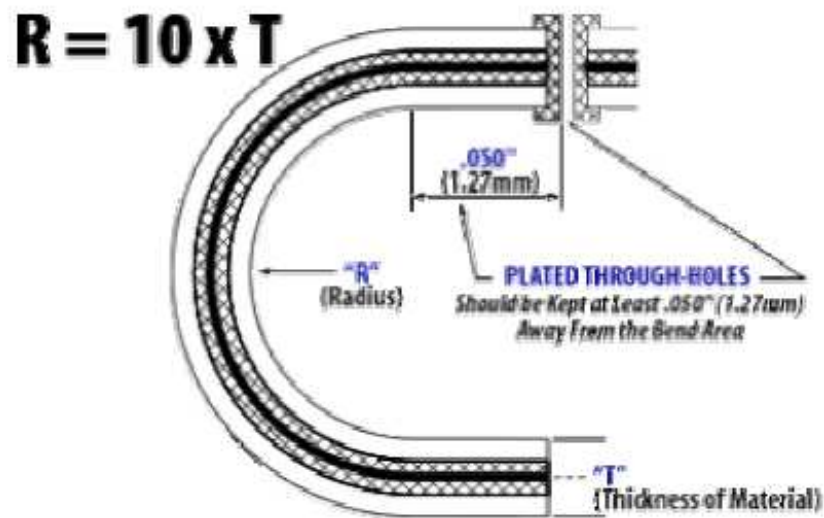


Figura 3.2 : Curvatura de una placa flexible.

3.5. Limitaciones.

Los circuitos flexibles no se pueden utilizar siempre que se desee ya que tienen unas limitaciones que hay que tener en cuenta. Estas limitaciones son las siguientes:

- Tamaño máximo de la placa: 250x400mm, 500x500mm.
- Mínimo ancho de línea/espacio: 1.5/1.5 mil(S/S); 1.5/1.5 mil(D/S).
- Grosor mínimo de cobre: 1/3 oz.
- Pad mínimo: 12 mil(0.3mm).
- Taladro mínimo: 4 mil(0.1mm)-Láser.
- Multicapa: 8 capas máximo.

3.6. Referencias.

Algunos diseños electrónicos en los cuales se utilizan circuitos flexibles son:

- En impresoras de inyección de tinta las cuales basan su funcionamiento esencialmente en la expulsión de gotas de tinta líquida a través de las boquillas de unos cabezales inyectoros. El cabezal de impresión incluye un circuito flexible formado por una delgada lámina que presenta una matriz de las citadas boquillas a través de las cuales sale una cantidad precisa de tinta lanzada en una dirección adecuada hacia el papel de impresión.

- En cámaras digitales como en el modelo Olympus Stylus que se muestra en la figura 3.3.



Figura 3.3 : Circuito flexible en cámara.

- En gran cantidad de móviles se utiliza el diseño en placas flexibles, un ejemplo de esto es el modelo W53H de Hitachi que se muestra en la figura 3.4.

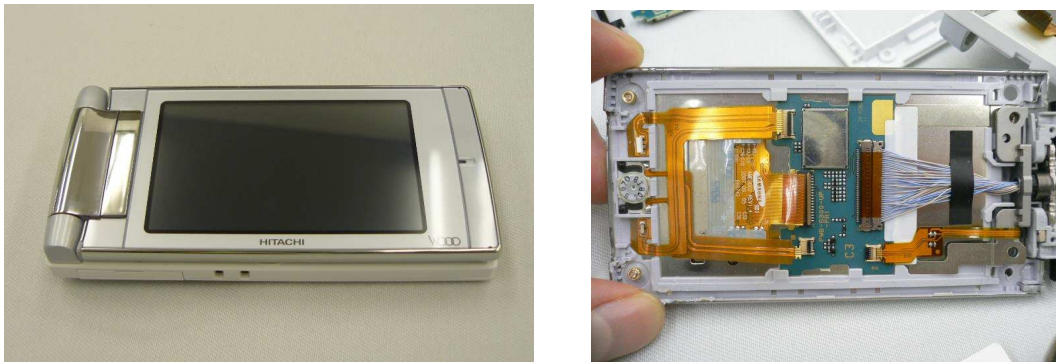


Figura 3.4 : Circuito impreso en móvil.

La tendencia en todos los sectores, sobre todo en el tecnológico, es realizar objetos cada vez más pequeños y para que esto sea posible hay que tener en cuenta en el momento de diseñar las placas, los circuitos flexibles.

Capítulo IV

Definición de

especificaciones.

4.1. Descripción general.

En el esquema de la figura 4.1 se representa la arquitectura general en la que se va a basar el conexionado, desde la CPU hasta los motores. En esta figura sólo se representa el conexionado de un eje.

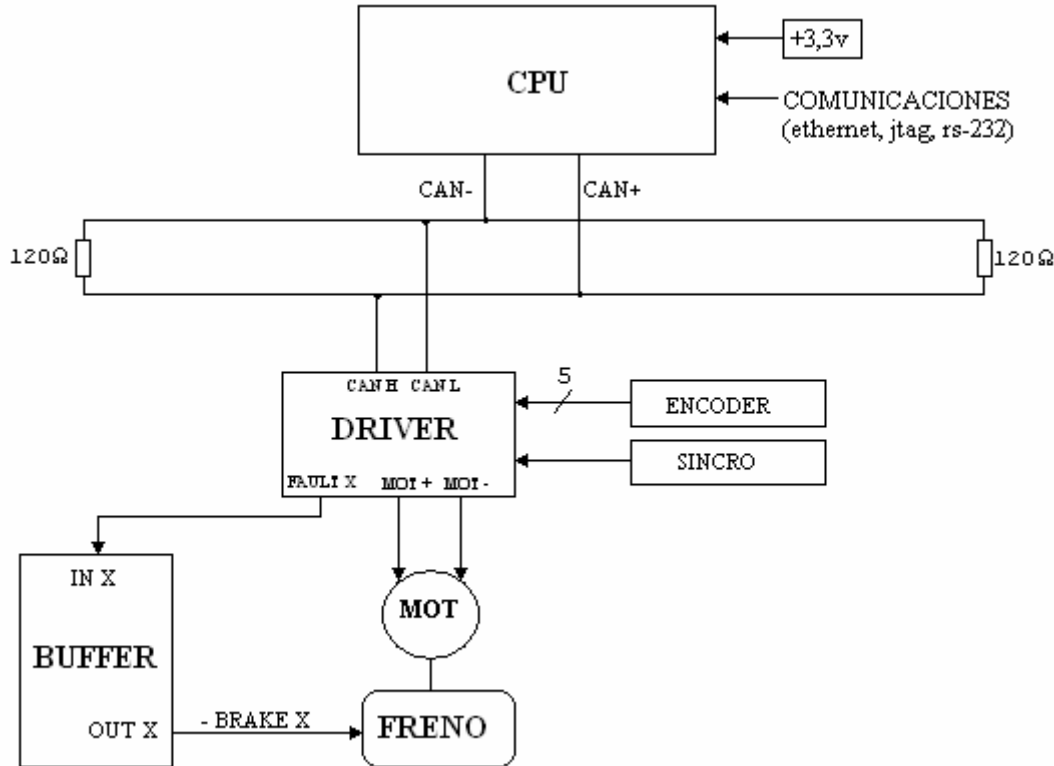


Figura 4.1 : Esquema general de conexionado por eje.

Como se puede ver en la figura 4.1. de la CPU salen dos líneas, CAN- y CAN+, que son las líneas encargadas de llevar a cabo las comunicaciones de CANBUS. A estas dos líneas se conectan los cinco *drivers*, aunque aquí sólo se ve la representación de uno de ellos. Según las órdenes de la CPU y dependiendo de la entrada del sensor de sincronismo y de las del *encoder*, el *driver* actuará o bien activando el motor o la salida de *fault* si lo que se quiere es activar el freno. Como se puede ver en la figura 4.1, antes del freno hay un buffer de corriente que se necesita para amplificar la señal de salida del *driver*.

4.2. Cableado.

Los cables se pueden clasificar en dos tipos:

- Cables de potencia.
- Cables de control.

4.2.1. Cable de potencia.

En la tabla 4.1 se muestran las señales que utilizan cables de potencia y de que colores son.

Señal	Color
24Vdc	Rojo
GND	Negro
-Mot	Azul
+Mot	Amarillo

Tabla 4.1 : Colores de los cables de potencia.

Dentro de estos cables de potencia hay dos tipos distintos de cables ya que la corriente de los cables de la alimentación será mayor y por eso su sección será mayor.

Estos cables son del tipo *flexivolt* y las secciones de cada cable se muestran en la tabla 4.2:

Señal	Sección
24Vdc	0.5mm ²
GND	0.5mm ²
-Mot	0.25mm ²
+Mot	0.25mm ²

Tabla 4.2 : Sección de cada cable.

Las características de los cables de 0.25mm^2 de sección son las mostradas en la tabla 4.3.

Atributo	Valor
Nº de fila/ \varnothing de cada filamento en mm	65/0.07mm
Diámetro exterior	1.7mm
Conductor-AWG	23
Temperatura nominal	-10 a 60°C
Tensión nominal	500V
Corriente nominal	6A
Material de aislamiento	PVC
Peso del cobre	2.4Kg/Km
Grosor del aislante	0.5mm

Tabla 4.3 : Características del cable de 0.25mm^2 .

En la figura 4.2 se muestra una fotografía de los cables de 0.25mm^2 utilizados.



Figura 4.2 : Cable de 0.25mm^2 .

Las características técnicas del cable de sección 0.5mm^2 se muestran en la tabla 4.4.

Atributo	Valor
Nº de fila/ \varnothing de cada filamento en mm	129/0.07mm
Diámetro exterior	2.1mm
Conductor-AWG	20
Temperatura nominal	-10 a 60°C
Tensión nominal	500V
Corriente nominal	10A
Material de aislamiento	PVC
Peso del cobre	4.7Kg/Km
Grosor del aislante	0.5mm

Tabla 4.4 : Características del cable de 0.5mm^2 .

En la figura 4.3 se muestra una fotografía de los cables de 0.5mm².



Figura 4.3 : Cable 0.5mm².

4.2.2. Cable de control.

El cable seleccionado para esta función es un cable plano *Speedbloc* tipo IDC codificado por colores.

Las características técnicas de estos cables son las mostradas en la tabla 4.5.

Atributo	Valor
Nº de vías	20
Tensión nominal	300V
Capacitancia (entre conductores adyacentes)	58.8pF/m
Impedancia resistencia	92Ω
Corriente nominal	1 ^a (máx)
Temperatura de funcionamiento	De -20°C a +105°C

Tabla 4.5 : Características del cable.

En la tabla 4.6 se muestran las señales de control existentes en el robot ASIBOT y el color de los cables utilizados.

Señal	Color1	Color2
5Vdc	Blanco	
CanH	Gris	
CanL	Morado	
-Brake	Marrón	Verde-Azul
+Brake	Rojo	Verde-Marrón
Sincro	Negro-Rojo (1)	Negro
Sincro_24v	Negro (2)	Marrón
Sincro_gnd	Negro (3)	Azul
ChA	Naranja	
ChB	Amarillo	
5VD	Verde	
SGND	Azul	

Tabla 4.6 : Colores de los cables de control.

En la tabla 4.6, con Color1 se hace referencia a los colores del nuevo cableado que se ha realizado y con Color2 se hace referencia a los cables que venían de fábrica en algunos de los componentes como el sensor inductivo y los frenos que aún siguen existiendo en algún tramo.

En la figura 4.4 se muestra una fotografía del cable seleccionado aunque para reducir el tamaño que ocupan se han separado algunos de los cables por grupos dependiendo del lugar al que vayan.



Figura 4.4 : Cable plano.

4.3. Sistemas electrónicos.

En este apartado se van a describir detalladamente los elementos electrónicos que se han modificado con respecto a la versión anterior de ASIBOT

Para una mayor comprensión de los sistemas electrónicos se van a clasificar en los siguientes apartados:

- Elementos de control.
- Comunicaciones.
- Alimentación.

4.3.1. Elementos de control.

En este apartado se van a describir los elementos encargados de gestionar las órdenes del usuario y la posición del robot transformándolas para que se lleve a cabo el correcto movimiento de los motores.

De los elementos de control se van a explicar los siguientes:

- CPU.
- DRIVER.
- BUFFER DE CORRIENTE.
- ENCODER ABSOLUTO.

A continuación, en la figura 4.5, se muestra como es el patillaje y el conexionado entre los elementos de control.

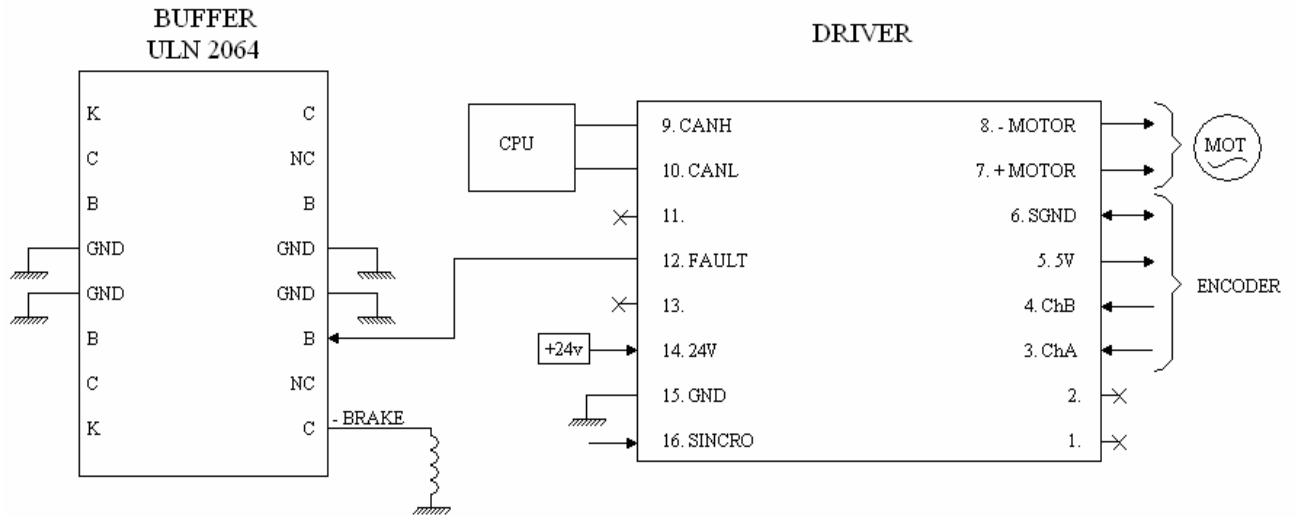


Figura 4.5 : Conexionado entre elementos de control.

4.3.1.1. CPU.

La CPU es el dispositivo que interacciona entre el usuario y el robot. El usuario da las órdenes y la CPU las gestiona y se las transmite a los *drivers*, además verifica que estas órdenes están siendo realizadas correctamente.

La CPU que había ha sido sustituida por otra para poder introducir las comunicaciones mediante CANBUS y para poder introducir en el robot otros conectores como el de ethernet y el jtag.

La CPU utilizada es la phycore-PXA270 de Phytex cuyo procesador es Intel Xscale PXA270. En la figura 4.6 se muestra una foto de la phycore y en la tabla 4.7 sus características más significativas.



Figura 4.6 : Fotografía de la phycore PXA270.

Procesador	Intel Xscale PXA270 250 MHz.
Dimensiones	57mm x 70mm.
Alimentación	3,3Vdc.
Memoria	SDRAM: 4 memorias de 64 Mbyte, 100 MHz. Flash-ROM: de 32 Mbyte a 64 Mbyte. I ² C EEPROM: 4 Kbyte. SRAM: 256 Kbyte.
Comunicación	Puerto Usb 1.1. 3 UARTS: 1 de RS-232 y 2 de Irda. Regulador de Ethernet 10/100 Mbps LAN91C111. Interfaz JTAG. Controlador del CAN SJA1000 2.0 B.
Tarjetas	2 PCMCIA: Compact Flash. 2 MMC: SD card y Memory Stick. Interfaz de la tarjeta USIM.
Display	Regulador integrado de LCD.
Teclado	Regulador del teclado de la matriz.
Cámara	Interfaz rápido de la captura.
Sistema operativo	Linux. Windows CE 5.0.

Tabla 4.7 : Características de la phycore PXA270.

4.3.1.2. DRIVER.

Los *drivers* son los controladores de movimiento para los motores de corriente continua que posee el robot. Cada motor está controlado por un driver MCDC 3006C de la marca Faulhaber de manera que en total el robot posee cinco *drivers*.

Este *driver* sustituye al modelo anterior que había (MCDC 2805) porque este está dotado del interfaz del CAN que será necesario para el nuevo sistema de comunicaciones que se quiere llevar a cabo.

Los *drivers* poseen una carcasa exterior que protege los componentes y disipa el calor que se produzca. En la figura 4.7 se puede ver como es la carcasa del driver y también las entradas y salidas que posee.

La carcasa que tiene el *driver* ha sido modificada para reducir su tamaño y que pudiera entrar en el espacio del tubo de carbono. Concretamente se han eliminado los conectores exteriores como el que se observa en la figura 4.7 y se ha mecanizado la base de la carcasa.



Figura 4.7 : *Driver*.

En la tabla 4.8 se establece la relación entre el número de patilla y su correspondiente función.

Pin	Función	Pin	Función
1	5.In	9	CANH
2	4.In	10	CANL
3	ChA	11	GAÑID
4	ChB	12	Fault
5	+5v	13	AnIn
6	SGND	14	+24v
7	Mot+	15	GND
8	Mot-	16	3.In

Tabla 4.8 : Pines del *driver*.

A continuación se explica la función de cada una de las patillas del *driver*:

- *Mot+* y *Mot-*: estas salidas son las encargadas de controlar el motor.

- *SGND*, *+5v*, *ChA*, *ChB*: estas salidas y entradas son las relacionadas con el *encoder* que mide la posición. *SGND* es la tierra, *+5v* es la alimentación del *encoder* y *ChA* y *ChB* son los canales A y B respectivamente.

- *+24v* y *GND*: estas entradas son las alimentaciones que necesita el *driver* para alimentar los distintos componentes de los que consta. El suministro de la alimentación debería tener una amplia corriente para el funcionamiento de los motores. Hay que prestar mucha atención a la polaridad, ya que como se conecte mal se destruirá un fusible interno que sólo puede ser reemplazado en la fábrica.

- *CANH* y *CANL*: *CANH* y *CANL* son la abreviatura de CAN-High y CAN-Low. Son las encargadas de las comunicaciones, por estas líneas llegan las órdenes y la información. Se podría conectar un ordenador considerando que *CANH* es RS232 TxD y que *CANL* es RS232 RxD aunque sólo si se dispone de un software que lo permita.

- *Fault*: es la salida de error. Esta salida será la encargada de dar las órdenes al freno, aunque estas deberán ser amplificadas para que puedan actuar sobre el freno.

Características de la salida *fault*:

- Cuando no hay error, en esta salida aparece un cero (colector abierto).
- Cuando hay un error, la salida tiene un camino de 100K Ω a tierra.
- La corriente de esta salida está limitada a 30mA.
- Esta a prueba de cortocircuitos.

- *3.In*: esta entrada puede ser utilizada como referencia o como entrada digital. La unidad es también disponible con una lógica separada. Durante una situación de emergencia, desconectando el suministro de tensión se cerrará la salida en fase de *de-powering* del motor. Suministrando tensión independientemente a esta entrada, permanecerá alimentada la lógica apartada. Esta entrada es utilizada para el sensor inductivo utilizado para sincronizar el robot.

- *4.In*, *5.In*: estas entradas son opcionales y pueden ser utilizadas como entradas digitales para diversas utilidades.

- *AnIn* y *AGND*: el *driver* también consta de una entrada analógica que es la representada como *AnIn* que tiene su correspondiente tierra analógica *AGND*. Se puede utilizar para conectar un *encoder* externo entre otras posibilidades.

En la figura 4.8 se muestran una fotografía del *driver* sin carcasa donde se pueden ver los componentes que lo forman.

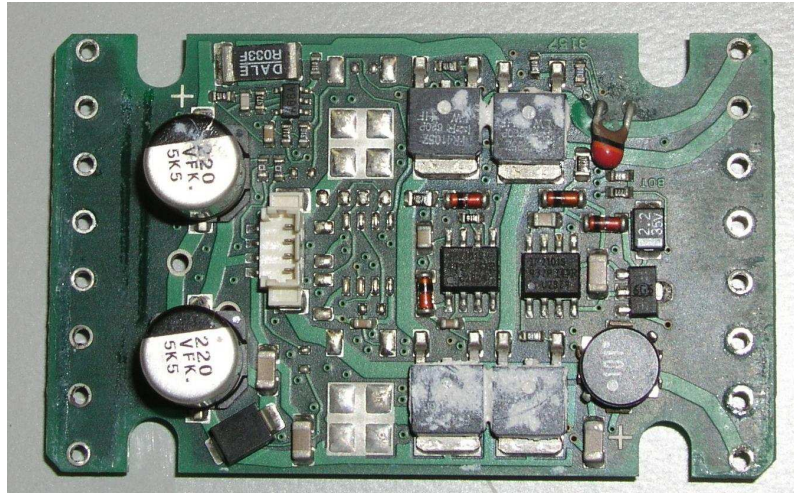


Figura 4.8 : *Driver sin carcasa.*

En la figura 4.9 se puede ver un esquema del *driver*. En este esquema se muestran mediante bloques los elementos de los cuales consta el driver y como están distribuidos.

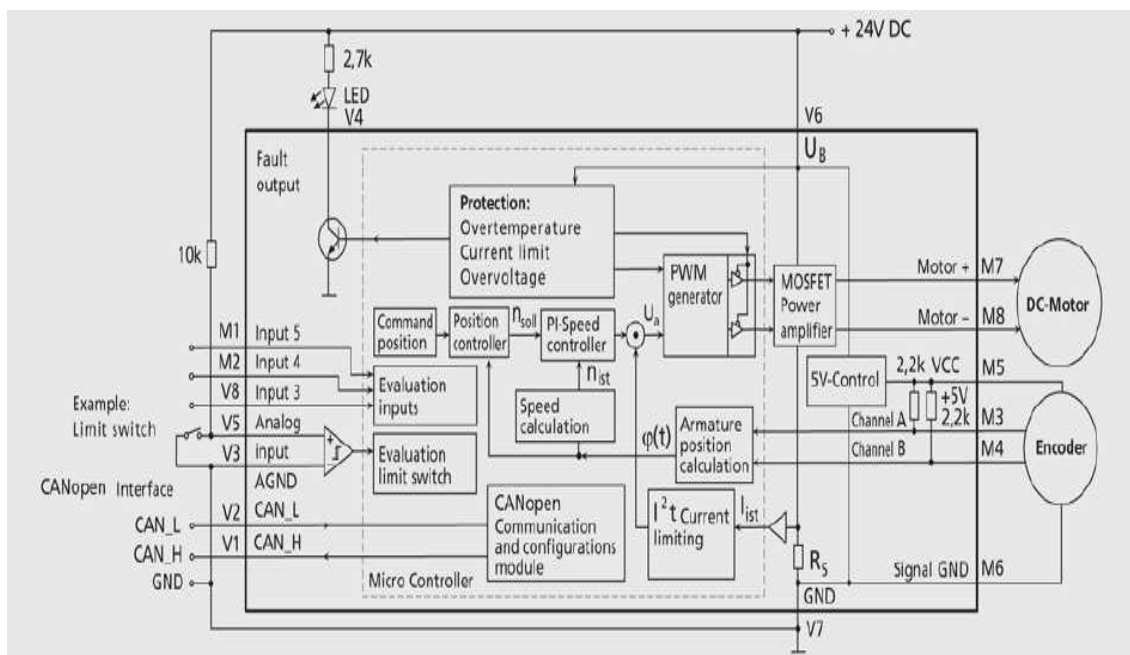


Figura 4.9 : Esquema del *driver*.

En la tabla 4.9 se describen las características técnicas más importantes que tiene el *driver* MCDC 3006C.

Tensión de alimentación	U_B	12...30	V
Frecuencia de la PWM	f_{PWM}	78,12	KHz
Rendimiento	H	95	%
Corriente de salida continua máxima	I_{daver}	6	A
Corriente de salida de pico máxima	I_{max}	10	A
Corriente de consumo	I_{el}	0,06	A
Rango de velocidad.		5...30000	Rpm
Resolución del encoder con sensor hall		≤ 65535	Lines/rev
Rango de temperatura de funcionamiento		0...+70	°C
Rango de temperatura en reposo		-25...+85	°C
Material de la carcasa		Aluminio	
Peso		160	gr

Tabla 4.9 : Características del driver MCDC 3006C.

En la figura 4.10 se representan las dimensiones del *driver* y su conexionado.

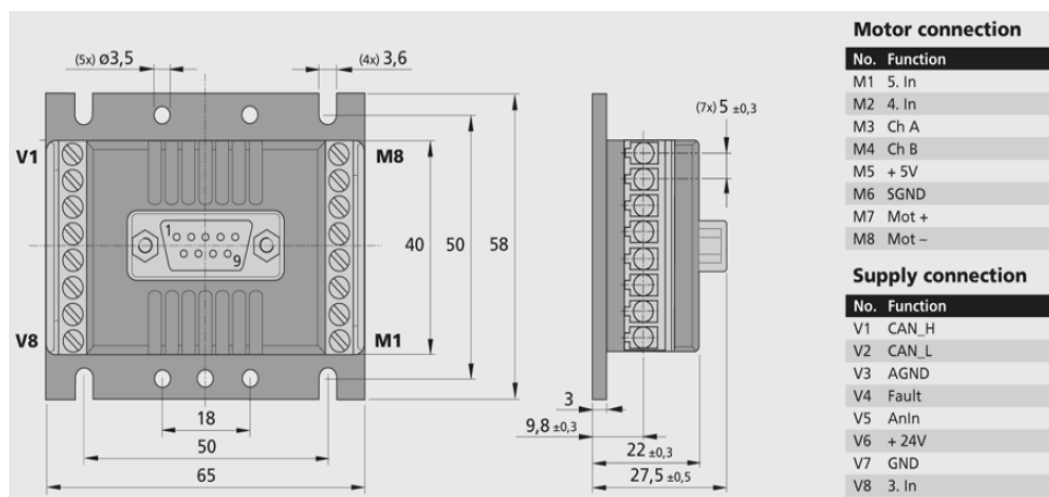


Figura 4.10 : Dimensiones del *driver*.

4.3.1.3. BUFFER DE CORRIENTE.

El buffer de corriente seleccionado es el ULN2064. La razón de sustituir el anterior buffer de corriente por este ha sido simplemente porque el otro se había dejado de fabricar.

La necesidad de utilizar este buffer de corriente es porque la salida Fault del *driver*, que es la utilizada para el freno magnético, da como salida un nivel alto de tensión (+24v) y una corriente de 30mA. Por otro lado el freno necesita 380mA y un nivel bajo de tensión (0v) para liberarse, de manera que hay que amplificar la corriente de 30mA a 380mA y negar el nivel de tensión. Estas dos funciones se hacen a través del ULN2064.

En la figura 4.11 se representa el esquemático del ULN2064.

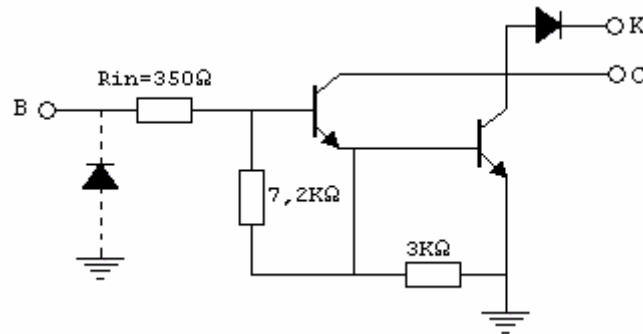


Figura 4.11 : Esquemático del ULN2064.

En la tabla 4.10 se describen las características eléctricas más importantes.

Tensión de salida		50V.
Corriente de salida		1,75A.
Tensión de entada		15V.
Corriente de entrada		25mA.
Potencia de disipación	T=90°C	4,3W.
	T=70°C	1W.
Rango de temperatura operando		-20 a 85°C.
Rango de temperatura en reposo		-55 a 150°C.

Tabla 4.10 : Características del ULN2064.

En la figura 4.12 se puede ver como es el patillaje y la estructura interna del amplificador de corriente ULN2064 que se ha utilizado.

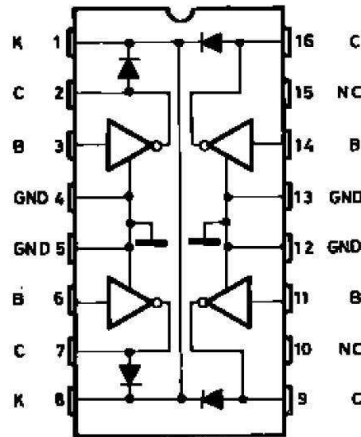


Figura 4.12 : Patillaje del amplificador de corriente.

4.3.1.4. *Encoder absoluto.*

El principio de funcionamiento de un *encoder* absoluto es muy similar al de un *encoder* incremental en el que un disco que gira, con zonas transparentes y opacas interrumpe un haz de luz captado por fotorreceptores, luego éstos transforman los impulsos luminosos en impulsos eléctricos los cuales son tratados y transmitidos por la electrónica de salida.

El motivo de incorporar los *encoder* absolutos es porque la posición queda determinada mediante la lectura del código de salida, el cual es único para cada una de las posiciones dentro de la vuelta, mientras que en los *encoders* incrementales la posición está determinada por el cómputo del número de impulsos con respecto a la marca de cero. Por consiguiente los *encoder* absolutos no pierden la posición real cuando se corta la alimentación (incluso en el caso de desplazamientos). De manera que en los *encoders* absolutos la posición está actualizada y disponible sin tener que efectuar, como en el caso de los *encoder* incrementales la búsqueda del punto cero.

Se utilizan tres *encoders* absolutos que se colocarán en las articulaciones dos, tres y cuatro respectivamente de manera que no haya que realizar el sincronismo en esas articulaciones antes de comenzar.

Los *encoders* son del tipo AEAS-7000 de Avago Technologies que se representa en la figura 4.13. Es un *encoder* absoluto de ultraprecisión de código Gray de precisión 16 bits.



Figura 4.13 : *Encoder* absoluto.

El *encoder* consta de trece canales del fotodiodo y de uno del monitor del fotodiodo. El fotodiodo está acompañado de amplificadores de precisión y sus circuitos adicionales.

En la tabla 4.11 se muestran algunas de las características eléctricas más importantes.

Parámetro	Símbolo	Mínimo	Típico	Máximo	Unidades
Tensión de alimentación	VD	+4.5	+5.0	+5.5	V
Temperatura en funcionamiento	T _A	-25	25	+85	°C
Nivel alto de entrada	V _{IH}	0.7*VD	-	VD	V
Nivel bajo de entrada	V _{LH}	0	-	0.3*VD	V
Corriente total	I _{total}	-	25	-	mA
Corriente de pull-down	I _{pd}	-20	-	-5	mA
Corriente de pull-up	I _{pu}	30	-	160	mA
Salida a nivel alto	v _{OH}	VD-0.5V	-	VD	V
Salida a nivel bajo	v _{OL}	0	-	0.5	V
Frecuencia de reloj	f _{SCL}	-	-	16	MHz
Ciclo de trabajo	T _{LH}	0.4	-	0.6	T _{LH} =H/(L+H)
Frecuencia de A0, A09	f _{A0} , f _{A09}	-	-	250	KHz

Tabla 4.11 : Características eléctricas.

En la tabla 4.12 se muestran los pines del *encoder* absoluto y sus funciones.

Nº	Pin	Descripción	Función
1	NC		Internamente conectada al cátodo del LED. No usar.
2	KORR	Entrada digital	1= Activa corrección del código Gray.
3	PROBE-ON	Entrada digital	No usar.
4	PCL	Entrada digital Borne positivo	No usar.
5	STCAL	Entrada digital Borne positivo Borne negativo	No usar innecesariamente.
6	MSBINV	Entrada digital	1=Bit más significativo.
7	DIN	Entrada digital	Registro shift de entrada. Usar sólo en cascada.
8	NSL	Entrada digital	Shift=0. Load=1.
9	SCL	Entrada digital Borne positivo	Reloj de registro shift.
10	DOUT	Salida digital	Registro shift Salida de datos(primer MSB).
11	DO	Salida digital	Señal D0.
12	DPROBE	Salida digital	Señal D09.
13	VDD	Alimentación	+5V.
14	GND	Tierra	Tierra para 5V Analógico/ Digital.
15	A09P	Salida analógica	A09 positivo.
16	GND	Tierra	Tierra para 5V Analógico/ Digital.
17	A0P	Salida analógica	A0 positivo.
18	A09N	Salida analógica	A09 negativo.
19	VDDA	Alimentación	+5V alimentación analógica.
20	A0N	Salida analógica	A0 negativo.
21	LEER	Salida digital	IR-LED Señal de limite de corriente.
22	LEDR	Salida analógica	No usar.

Tabla 4.12 : Función de los pines del *encoder*.

En la figura 4.14 se representa la base del *encoder* con la distribución de los pines.

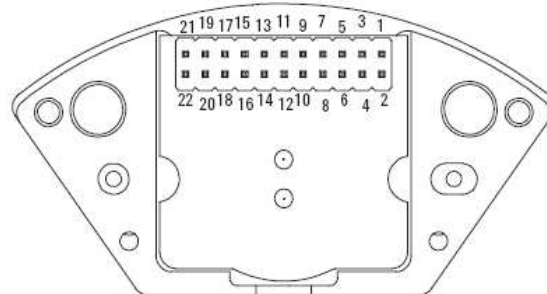


Figura 4.14 : Pines del *encoder* absoluto.

A continuación, en la figura 4.15 se muestran las dimensiones del *encoder* AEAS-7000.

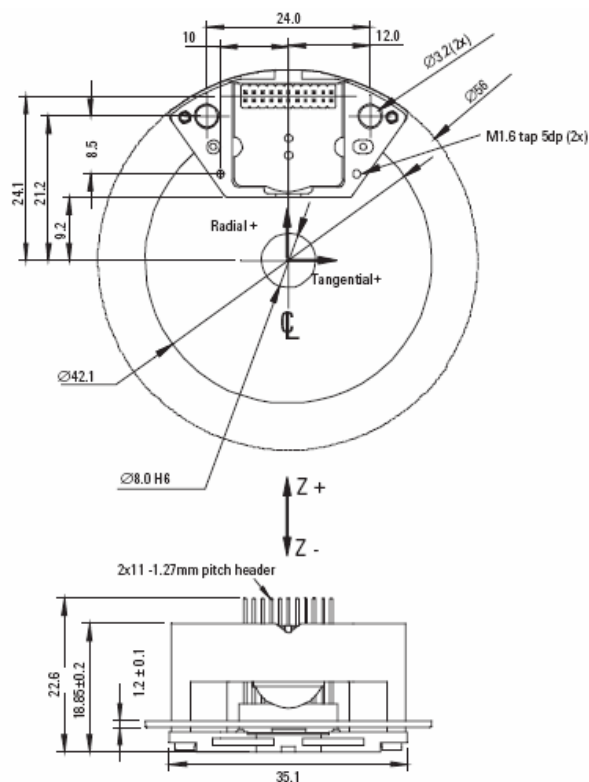


Figura 4.15 : Dimensiones del *encoder* absoluto.

En la figura 4.16 se muestra la secuencia de las señales NSL, SCL y la salida.

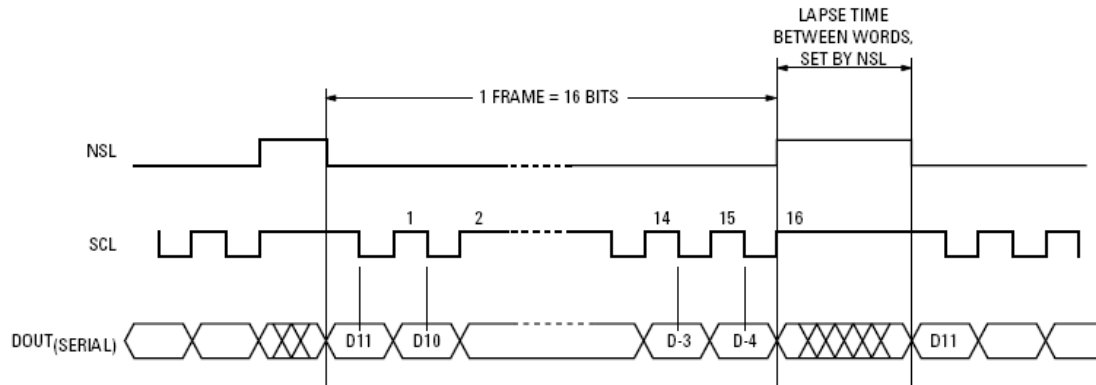


Figura 4.16 : Secuencia de señales.

Para llevar a cabo el control de los *encoders* absolutos se utilizan tres módulos de entradas/salidas del CAN, uno para cada *encoder*.

En la figura 4.17 se muestra el conexionado del *encoder* con el módulo entradas/salidas y el pequeño circuito de acondicionamiento que necesita.

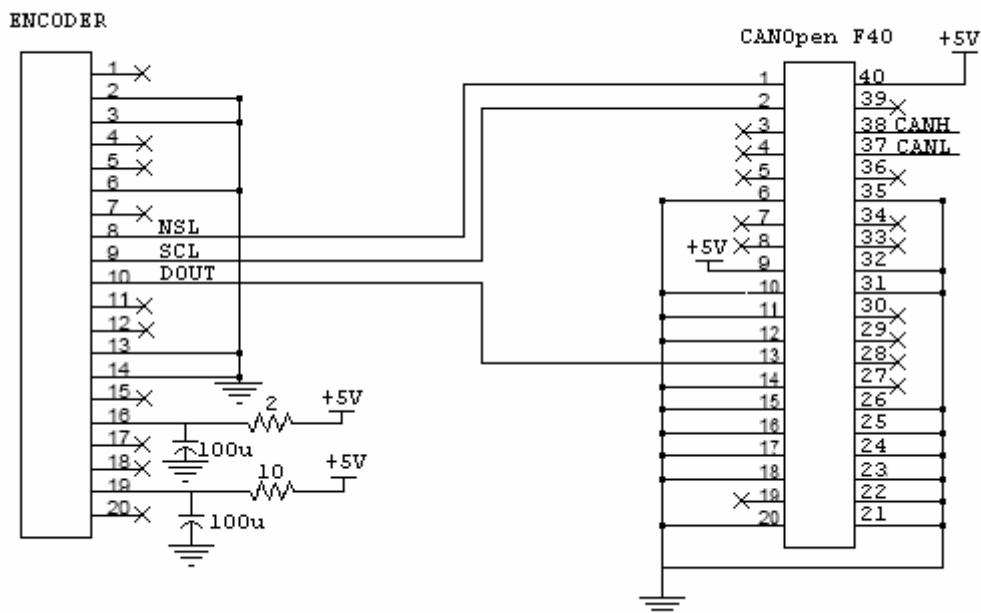


Figura 4.17 : Conexionado del *encoder* y CANOpen F40.

4.3.1.5. Módulo entradas/salidas CANopen.

Este módulo es utilizado para convertir las señales del *encoder* absoluto y que puedan ser mandadas por el bus CAN a la CPU.

Este módulo es denominado como CANopen chipF40 de la compañía Phyttec.

A continuación se muestran algunas especificaciones técnicas que hay que resaltar:

- Las dimensiones son 24x56mm.
- Las señales del CAN en modo pasivo son CAN 2.0B.
- Tiene pines de tensión de referencia para el convertidor A/D.
- Posee una E²PROM para configurar los parámetros del CANopen.
- El *transceiver* del CAN PCA82C251 soporta 100 nodos por CAN bus.
- Las señales del CAN se pueden conectar externamente, con aislamiento óptico del *transceiver* del CAN.
- Puede ser fácilmente implementado como "Serial I/O" gracias al software SYS TEC CANopen.

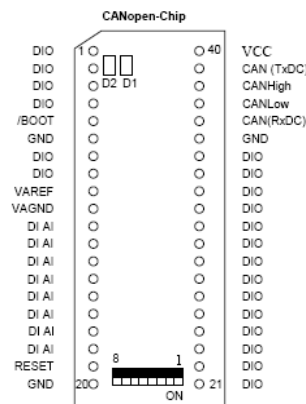


Figura 4.18 : Chip del CANopen y pines.

En la tabla 4.13 se muestra con más detalle las características de los pines.

Pin	Función	I/O	Descripción
1,2	P1.2,P1.3	I/O	Puertos del microcontrolador.
3,4	P4.4,P4.5	I/O	Puertos del microcontrolador.
5	/BOOT	I	Si /BOOT=0 y RESIN pasa de 1 a 0 se activa el modo Boot.
6	GND	-	Tierra 0V.
7,8	P2.0,P2.1	I/O	Puertos del microcontrolador.
9	VAREF	-	Tensión de referencia del convertidor A/D.
10	VAGND	-	Tierra analógica.
11,12,13, 14,15,16, 17,18	P6.0,P6.1, P6.2,P6.3, P6.4,P6.5, P6.6,P6.7	I	Puertos del microcontrolador.
19	RESIN	I	Entrada de reset del módulo. La transición de 0 a 1 dispara la señal de reset.
20	GND	-	Tierra 0V.
21,22	P5.0,P5.1	I/O	Puertos del microcontrolador.
23,24,25, 26,27,28, 29,30	P3.0,P3.1, P3.2,P3.3, P3.4,P3.5, P3.6,P3.7	I/O	Puertos del microcontrolador.
31,32	P5.2,P5.3	I/O	Puertos del microcontrolador.
33,34	P2.2,P2.3	I/O	Puertos del microcontrolador.
35	GND	-	Tierra 0V.
36	RxDC	I	Línea de recepción del chip.
37	CANL	I/O	Entrada/Salida del CANL.
38	CANH	I/O	Entrada/Salida del CANH.
39	TxDC	O	Línea de envío del chip.
40	VCC	-	Tensión de alimentación +5V.

Tabla 4.13 : Función de los pines del CANopen.

4.3.2. Comunicaciones.

Las comunicaciones van a ser clasificadas en dos tipos, que serán:

- Comunicaciones interiores.
- Comunicaciones exteriores.

4.3.2.1. Comunicaciones interiores.

Con comunicaciones interiores nos referimos a las comunicaciones que internamente posee el robot. Con estas comunicaciones se transmite la información de la CPU a los distintos *drivers* que controlan los motores de cada eje.

Estas comunicaciones se llevan a cabo mediante un sistema de redes que consiste en que todos los dispositivos están conectados y se comunican entre ellos, utilizando un único sistema estándar. Estas redes permiten transmitir datos a través de un sistema estándar de cableado que es compartido por múltiples dispositivos.

Cualquier sistema de cableado como puede ser un cable de par trenzado entre dispositivos, tendrá como beneficio el recorte de costes con respecto a la cantidad requerida, instalación e implementación. Otros grandes beneficios son la reducción de costes de mantenimiento y predicción de fallos.

Hay distintas topologías de redes. Estas topologías son:

- Bus: esta topología consiste en que todos los nodos están conectados directamente a un enlace y no existe ninguna otra conexión entre nodos. Físicamente cada nodo está conectado a un cable común, por lo que se pueden comunicar directamente, aunque la ruptura del cable hace que todos los nodos queden desconectados. Este tipo de topología se puede ver en la figura 4.19. Por otra parte es una de las topologías más sencillas.

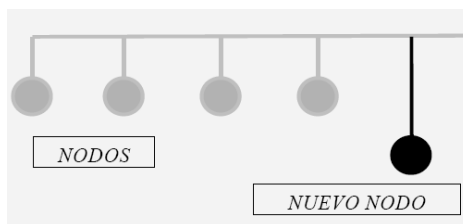


Figura 4.19 : Topología en bus.

- Estrella: en esta topología todas las elementos están conectadas directamente a un punto central. Esta topología es fácil de implementar y de ampliar además si un nodo falla no afecta al resto de nodos de la red, esto se puede observar en la figura 4.20. Por otro lado tiene el inconveniente de la longitud del cable y los costes de mantenimiento.

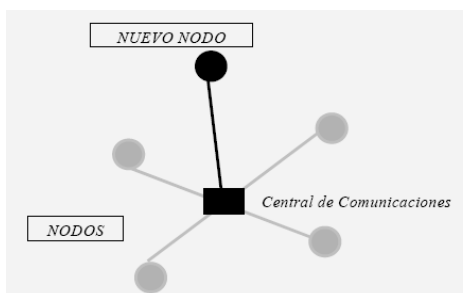


Figura 4.20 : Topología en estrella.

- Árbol: es la generalización de red en estrella, cada adaptador está conectado a una central de conexiones aunque en este caso existen varias centrales de conexión que están conectadas a otras centrales de conexión de nivel superior, como se puede comprobar en la figura 4.21. El fallo de alguna central de conexión elimina las comunicaciones que pasen a través de ella sin una posible alternativa.

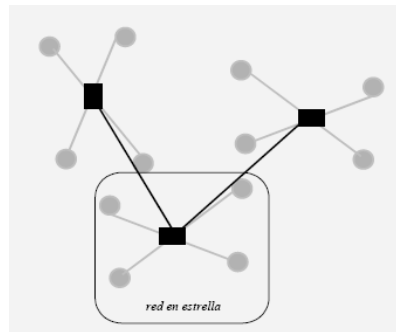


Figura 4.21 : Topología en árbol.

- Anillo: en esta topología como su nombre indica los nodos se conectan formando un anillo. Cada nodo está conectado al siguiente y el último al primero. En este tipo de red la comunicación se da por el paso de un *token* o testigo. En esta topología si algún nodo deja de funcionar, la red entera deja de funcionar. Es fácil de ampliar como se observa en la figura 4.22.

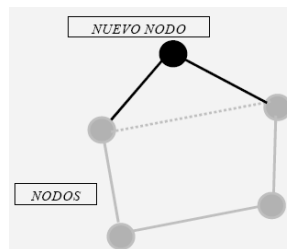


Figura 4.22 : Topología en anillo.

- Conexión total: en este caso cada nodo está conectado a cada uno de los nodos de la red. Cada vez que se amplía se debe conectar el nuevo elemento a cada uno de los ya existentes como se muestra en la figura 4.23.

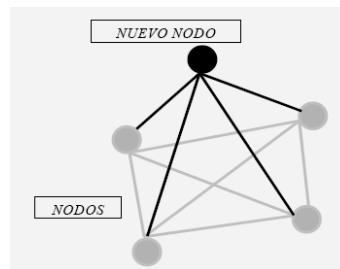


Figura 4.23 :Topología en conexión total.

En este caso se han descartado utilizar la conexión total, la topología en estrella y por consiguiente la del árbol también; debido a que se necesitaría mucho más cable y esto llevaría a un aumento de peso y de tamaño.

La topología utilizada es la de bus o red lineal. Más concretamente del tipo CAN (*controller area network*) que es un sistema de bus serie especialmente apropiado para interconectar dispositivos inteligentes, incluyendo sensores y actuadores.

El CAN es un sistema de bus serie con capacidades multi-maestro, es decir, donde varios nodos CAN pueden intentar transmitir datos en cualquier momento.

Para evitar que dos nodos distintos intenten transmitir simultáneamente cada mensaje lleva un identificador que establece un sistema de prioridad. El identificador del nodo de mayor prioridad obtendrá el acceso al bus y el resto esperarán. El identificador es un número contenido en un campo particular del mensaje que determina la prioridad del mensaje.

La manera de la cual se producen las transmisiones es enviando el mensaje a todos los nodos CAN y cada uno de ellos decide en base al identificador recibido si es para él y si debe procesarlo.

Normalmente para implementar redes CAN se utiliza una línea de bus con dos cables de conducción diferenciados, con retorno. Estos dos cables se llaman CAN_H y CAN_L. Al final de las dos líneas debe haber una resistencia terminal de 120Ω a ambos lados.

Para poder conectar el controlador del CAN SJA1000 que tiene la CPU al bus se necesita un *transceiver*. En este caso el *transceiver* utilizado es PCA82C251 de la marca Philips.

En la figura 4.24 se muestra un esquema de las líneas del CAN, de su controlador, del *transceiver* necesario y de los distintos nodos que hay conectados a él.

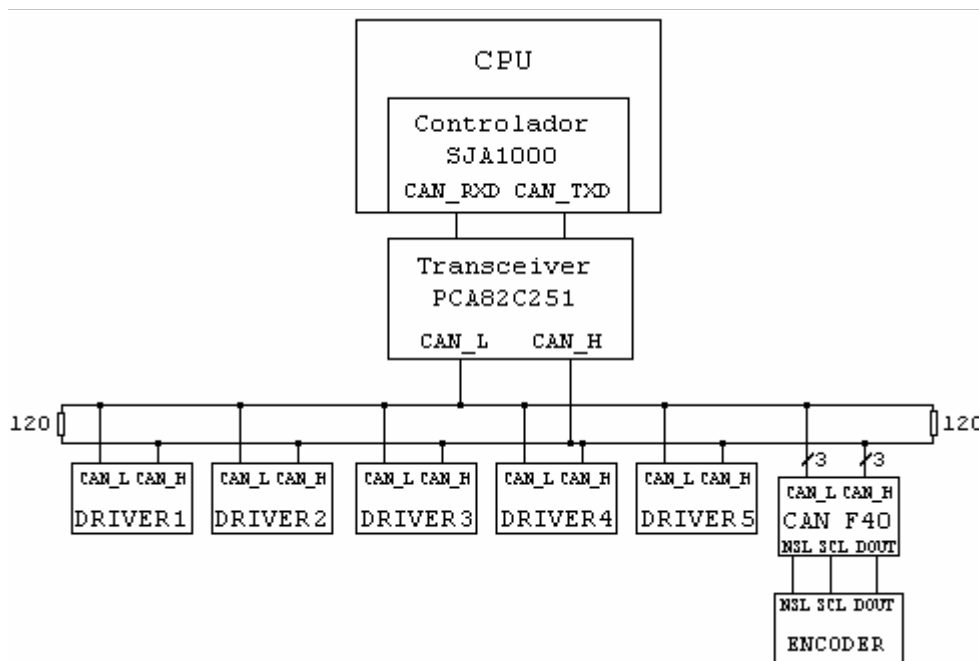


Figura 4.24 : Esquema del CAN.

4.3.2.2. Comunicaciones exteriores.

Con comunicaciones exteriores se quiere hacer referencia a las comunicaciones que se llevan a cabo con el exterior del robot, como puede ser con un ordenador. Este tipo de comunicaciones son necesarias para poder depurar errores en el código cargado en la CPU o para hacer ciertas ampliaciones en las funciones del robot ampliando el código.

De momento las comunicaciones que se están llevando a cabo con el exterior del robot son de los siguientes tipos:

- Ethernet.
- JTAG.
- RS-232.

4.3.2.2.1. Ethernet.

Ethernet es la capa física más popular de la tecnología de redes de computadoras de área local (LAN) usada actualmente. Otros tipos de redes LAN incluyen Token Ring, Fast Ethernet, FDDI, ATM y LocalTalk.

Ethernet es popular porque permite un buen equilibrio entre velocidad, costo y facilidad de instalación. Estos puntos fuertes, combinados con la amplia aceptación en el mercado y la habilidad de soportar virtualmente todos los protocolos de red populares, hacen a Ethernet la tecnología ideal para la red de la mayoría los usuarios de la informática actual.

La norma de Ethernet fue definida por el Instituto para los Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) como IEEE *Standard* 802.3. Adhiriéndose a la norma de IEEE, los equipo y protocolos de red pueden interoperar eficazmente.

Esta tecnología está basada en tramas de datos que son las diferentes partes en las que se dividen los mensajes enviados para que puedan llegar correctamente. En la tabla 4.14 se muestra la trama del ethernet.

Preámbulo	SOF	Destino	Origen	Tipo	Datos	FCS
7 bytes	1 byte	6 bytes	6 bytes	2 bytes	46 a 1500 bytes	4 bytes

Tabla 4.14 : Trama de ethernet.

4.3.2.2. JTAG.

JTAG es un acrónimo para *Joint Test Action Group* que es el nombre común utilizado para la norma IEEE 1149.1 titulada *Standard Test Access Port and Boundary-Scan Architecture*. Es utilizado para testear PCBs utilizando escaneo de límites.

Diseñado originalmente para circuitos impresos, actualmente es utilizado para la prueba de submódulos de circuitos integrados, y es muy útil también como mecanismo para depuración de aplicaciones empujadas, puesto que provee una puerta trasera hacia dentro del sistema.

Cuando se utiliza como herramienta de depuración, un emulador en circuito que usa JTAG como mecanismo de transporte permite al programador acceder al módulo de depuración que se encuentra integrado dentro de la CPU. El módulo de depuración permite al programador corregir sus errores de código y lógica de sus sistemas.

4.3.2.2.3. RS-232.

Es una interfaz que designa una norma para el intercambio serie de datos binarios entre un DTE (Equipo terminal de datos) y un DCE (Equipo de Comunicación de datos), aunque existen otras situaciones en las que también se utiliza la interfaz RS-232.

El RS-232 consiste en un conector tipo DB-25 (de 25 pines), aunque es normal encontrar la versión de 9 pines (DB-9) que es más barato.

La interfaz RS-232 está diseñada para distancias cortas y para velocidades de comunicación bajas. La interfaz puede trabajar en comunicación asíncrona o síncrona y tipos de canal *simplex*, *half duplex* o *full duplex*.

En un canal *simplex* los datos siempre viajarán en una dirección, por ejemplo desde DCE a DTE.

En un canal *half duplex*, los datos pueden viajar en una u otra dirección, pero sólo durante un determinado periodo de tiempo, luego la línea debe ser conmutada antes de que los datos puedan viajar en la otra dirección.

En un canal *full duplex*, los datos pueden viajar en ambos sentidos simultáneamente. Las líneas de *handshaking* de la RS-232 se usan para resolver los problemas asociados con este modo de operación, tal como en qué dirección los datos deben viajar en un instante determinado.

Las UART se diseñaron para convertir las señales que maneja la CPU y transmitirlas al exterior. Las UART deben resolver problemas tales como la conversión de voltajes internos del DCE con respecto al DTE, gobernar las señales de control, y realizar la transformación desde el bus de datos de señales en paralelo a serie y viceversa. Debe ser robusta y deberá tolerar circuitos abiertos, cortocircuitos y escritura simultánea sobre un mismo pin, entre otras consideraciones. Es en la UART en donde se implementa la interfaz.

4.3.3. Alimentación.

Dentro del robot vamos a diferenciar entre dos tipos de alimentaciones distintas para poder alimentar a los diversos componentes electrónicos, que serán:

- Alimentación de potencia.
- Alimentación de control.

A continuación se va a explicar con más detenimiento cómo se obtienen estos valores de alimentación y que elementos los necesitan.

4.3.3.1. Alimentación de potencia.

Este es el nivel de tensión principal y su valor es de 24V.

A este valor de alimentación le clasificamos como de potencia porque va a tener un valor alto de corriente y esto hará que la potencia sea mayor.

Este valor de tensión recorre el robot de extremo a extremo pasando por todas las placas, es decir, se ha creado un bus con dos líneas, una para los 24Vdc y otra para la tierra ya que serán utilizadas en multitud de elementos.

4.3.3.1.1. Elementos que utilizan la alimentación de potencia y potencia que consumen.

Los elementos que se alimentan con 24Vdc son los siguientes:

- ULN2064 (buffer de corriente).
- TSI 10N-2411 (convertidor de 24V a 5V).
- *Drivers*.
- Sincro.
- +Brake (entrada del freno).

La corriente que consumen los componentes que se alimentan con la tensión de +24V son las siguientes:

- ULN2064 (buffer de corriente): la corriente que consume es de 25mA.
- TSI 10N-2411 (convertidor de 24V a 5V): la corriente estimada es de 312mA.
- *Driver*: La corriente que consume cada *driver* es de 60mA.

- Sensor inductivo (sincro): consume una corriente de 100mA cuando su salida está activa.
- Freno electromagnético: consume una corriente de 380mA en el momento de su liberación. Cuando el eje no se mueve el freno no consume corriente.

En total los consumos máximos de corriente de la electrónica alimentada a 24V cuando el robot está en movimiento son los representados en la tabla 4.15.

Componente	Unidades	Consumo máx. unitario	Consumo total
ULN2064	2	25mA	50mA
TSI 10N2411	1	312mA	312mA
Driver	5	60mA	300mA
Sincro	5	100mA	500mA
Freno	5	380mA	1.9A
Total			3.06A

Tabla 4.15 : Componentes alimentados a 24V.

Al consumo máximo que tiene la electrónica hay que sumarle el consumo de los motores calculado en la versión anterior. El resumen de estos resultados se muestra a continuación en la tabla 4.16.

	Proporción	$I_{PICO}(A)$	$I_{RMS}(A)$
Eje 1	100%	7.21	4.23
Eje 2	100%	7.21	4.23
Eje 3	40%	2.9	1.7
Eje 4	12%	0.9	0.51
Eje 5	12%	0.9	0.51
Total		19.12	11.2

Tabla 4.16 : Consumo de los motores.

De manera que el valor total de la corriente tendrá dos tipos de consumo, consumo de pico y consumo continuo. Estas corrientes se muestran a continuación:

$$I_{\text{PICO}} = 19.12 + 3.06 = 22.2\text{A.}$$

$$I_{\text{RMS}} = 11.2 + 3.06 = 14.3\text{ A.}$$

Por tanto la potencia que deberá suministrar la fuente deberá ser la siguiente:

$$P = I_{\text{PICO}} * V = 22.2\text{A} * 24\text{V} = 533\text{W}$$

4.3.3.1.2. ¿Cómo se obtiene?

Esta tensión llega al robot, a través de los contactos que posee en los conos, al conectarse con la *docking station*.

A su vez a la *docking station* le llega a través de una fuente de alimentación externa que tendrá que ser capaz de suministrar la potencia calculada anteriormente de 533W.

4.3.3.1.3. Protecciones.

La línea de 24Vdc posee una serie de protecciones contra sobretensiones.

Las protecciones utilizadas son SMCJ24A/SM. En la figura 4.25 se muestra un esquema del bus de 24V y de GND y la protección de los 24V.

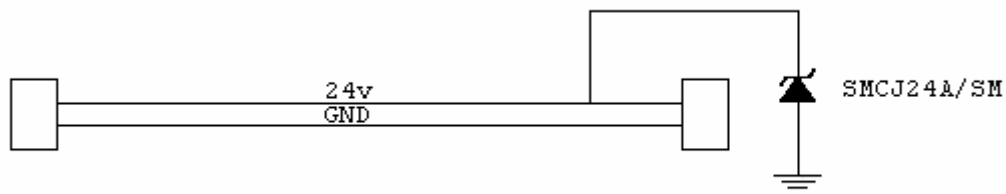


Figura 4.25 : Esquema de protección de 24V.

En la tabla 4.17 se muestran algunas de las características eléctricas más importantes de la protección SMCJ24A.

Breakdown Voltage V_{BR} at I_T	Min.	26,7V.
	Max.	29,5V.
Test Current I_T		1,0mA.
Stand-off Voltage V_{WM}		24V.
Max. Reverse Leakage I_D at V_{WM}		1,0 μ A.
Max. Peak Pulse Surge Current I_{PPM}		38,6A.
Max. Clamping Voltage V_C at I_{PPM}		38,9V.

Tabla 4.17 : Características de SMCJ24A.

4.3.3.2. Alimentación de control.

Dentro de alimentación de control se encuentran dos niveles de tensión distintos: 5v y 3.3v.

Estos niveles de tensión se clasifican dentro de alimentación de control debido a que la corriente que deben suministrar no es muy alta como se muestra a continuación.

Estos niveles de tensión se podrían definir también como secundarios ya que se obtiene a partir de la tensión de 24Vdc.

4.3.3.2.1. Elementos que utilizan la alimentación de 5V y potencia que consumen.

Los elementos que necesitan la alimentación de 5Vdc son los mencionados a continuación:

- Los ventiladores.
- TSI 10N-0510 (convertidor de 5V a 3,3V).

La potencia que consumen los componentes alimentados a 5V son las siguientes:

- Ventiladores: consumen una potencia de 0.65W.
- TSI 10N-0510: consume una potencia a pleno rendimiento de 3W.
- *Encoder* absoluto: consume 125mW.
- Módulo Canopen: consume una potencia de 150mW.

En total la potencia máxima que pueden consumir los elementos alimentados con 5V es la especificada en la tabla 4.18.

Componente	Unidades	Consumo máx. unitario	Consumo total
Ventilador	4	0.65W	2.6W
TSI 10N0510	1	3W	3W
<i>Encoder</i>	3	125mW	375mW
Módulo	3	150mW	450mW
Total			6.4W

Tabla 4.18 : Componentes alimentados a 5V.

4.3.3.2.2. ¿Cómo se obtiene la tensión de 5V?

Como ya se ha comentado esta tensión se obtiene a partir de tensión de 24V. Para que esto sea posible es necesaria la utilización de un convertidor que transforme la tensión de 24V en una tensión de 5V.

El convertidor que se ha elegido es el TSI 10N2411 de la casa Traco y sus principales especificaciones se muestran en la tabla 4.19.

Corriente de entrada		45mA/485mA.
Tensión máxima (durante 1s)		30Vmax.
Corriente en stand-by		100μA.
Rango de tensión de entrada		16-28Vdc.
Corriente de salida máxima		2000mA.
Eficiencia		85%.
Variación en la entrada		±0,5%.
Coeficiente de temperatura		±0,02%/°C.
Rango de temperaturas	Operando	-25°C...+70°C.
	Reposo	-25°C...+125°C.
Humedad		95% relativa.
Potencia		10w.
Frecuencia		300KHz.

Tabla 4.19 : Características del TSI 10N-2411.

Una de las principales razones por las cuales se ha escogido este convertidor es porque suministra una potencia de 10W que es suficiente para alimentar a los componentes y otra razón es por su reducido tamaño. En la figura 4.26 se pueden ver las dimensiones del convertidor en pulgadas.

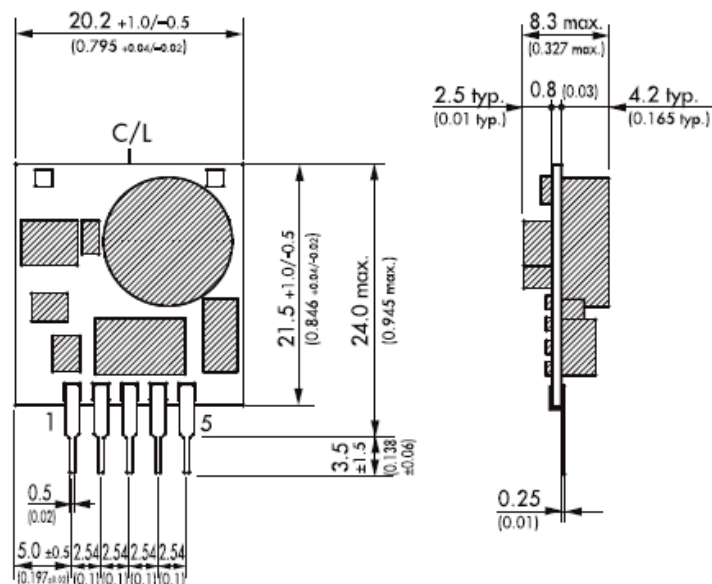


Figura 4.26 : Dimensiones del TSI 10N-2411.

En la tabla 4.20 se muestra el patillaje del convertidor.

Función	Número de pin
ON/OFF	1
Vcc	2
GND	3
Vout	4
Voutadj	5

Tabla 4.20 : Patillaje del TSI 10N-2411.

Según las hojas de características entre la patillas 4 y 5 hay que conectar una resistencia, tal y como se muestra en la figura x, cuyo valor se obtiene a partir de la siguiente fórmula:

$$R_x = \frac{R_1 \cdot 1200 \cdot (V_{OUT} - 1,195)}{R_1 \cdot 1,195 - 1200 \cdot (V_{OUT} - 1,195)}$$

siendo : $R_1 = 3840\Omega$.
 $V_{out} = 5V$.

El resultado de la operación y por tanto el valor de la resistencia R_x es de $769K\Omega$.

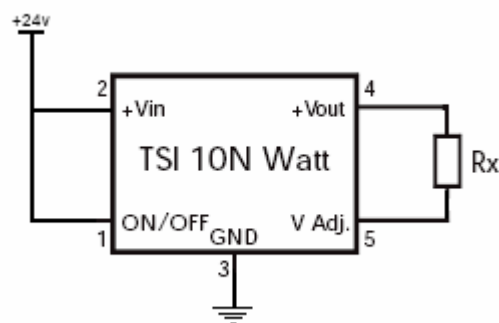


Figura 4.27 : Conexión del TSI 10N-2411.

En la figura 4.27 se puede observar que la entrada ON/OFF ha sido conectada también a la alimentación de 24Vdc.

4.3.3.2.3. Protecciones de la alimentación de 5V.

Junto con la alimentación de 5V también hay una protección que se utiliza para proteger a los circuitos de transitorios de corriente que pueda haber y contra sobretensiones.

Esta protección esta basada en un diodo rectificador que se llama SMBJ5.0A que es unidireccional.

En la tabla 4.21 se muestran algunas de las características eléctricas más importantes de este tipo de diodos y en la figura 4.28 que la acompaña se representan los parámetros que hacen referencia a estas características eléctricas:

$I_{RM} @ V_{RM}$ max.		$V_{BR} @ I_R$ min. note2		$V_{CL} @ I_{PP}$ max. 10/1000 μ s		$V_{CL} @ I_{PP}$ max. 8/20 μ s		αT max. note3	C typ. note4
μ A	V	V	mA	V	A	V	A	10 ⁻⁴ /°C	pF
800	5.0	6.4	10	9.2	68	13.4	298	5.7	4000

Tabla 4.21 : Características de SMBJ5.0A.

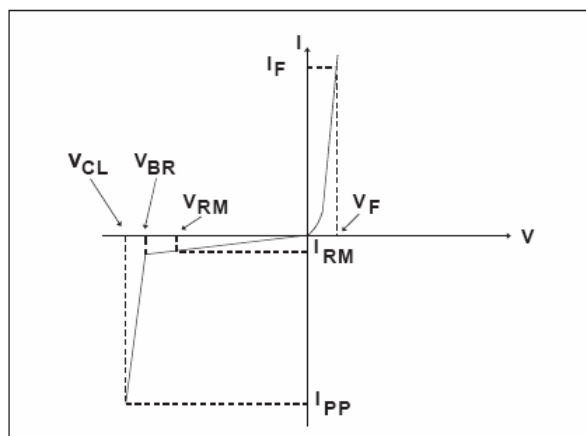


Figura 4.28 : Gráfico del SMBJ5.0A.

4.3.3.2.4. Elementos que utilizan la alimentación de 3.3V y potencia que consumen.

Los componentes que necesitan la alimentación de 3.3V son los enumerados a continuación:

- CPU.
- *Transceiver*.

La potencia que consumen estos componentes son:

- CPU: consume una potencia máxima de 2W.
- *Transceiver*: la potencia que consume es de 260mw.

En total la potencia máxima que consumen los componentes alimentados con 3.3V es de 2.26W.

4.3.3.2.5. ¿Cómo se obtiene la tensión de 3.3V?

Al igual que para la obtención de la tensión de 5V necesitamos un convertidor de tensión.

El convertidor que vamos a utilizar convierte la tensión de 5V en la de 3,3V. Este convertidor es el TSI 10N-0510 que es de la misma marca que el anterior, Traco.

Este convertidor suministra una potencia de 6.6W por lo cual es posible su utilización.

Por lo general sus características son muy similares a las del convertidor de 24V/5V. En la tabla 2.22 se especifican las características eléctricas más importantes.

Corriente de entrada		21mA/1435mA.
Tensión máxima (durante 1s)		16Vmax.
Corriente en stand-by		100μA.
Rango de tensión de entrada		4,75-13,6Vdc.
Corriente de salida máxima		2000mA.
Eficiencia		92%.
Variación en la entrada		±0,5%.
Coeficiente de temperatura		±0,02%/°C.
Rango de temperaturas	Operando	-25°C...+70°C.
	Reposo	-25°C...+125°C.
Humedad		95% relativa.
Potencia		10w.
Frecuencia		300KHz.

Tabla 4.22 : Características del TSI 10N-0510.

Las dimensiones de este convertidor son las mismas que las del TSI 10N-2411 que se muestran en la figura 4.26 (ver arriba).

El patillaje de este convertidor es también el mismo que el del TSI 10N-2411 que se muestra en la tabla 4.20 (ver arriba).

En este caso también hay que conectar una resistencia entre las patillas 4 y 5. Para saber el valor hay que sustituir en esta fórmula con los valores adecuados que se indican en las a continuación.

$$R_x = \frac{R_1 \cdot 1200 \cdot (V_{OUT} - 1,195)}{R_1 \cdot 1,195 - 1200 \cdot (V_{OUT} - 1,195)}$$

siendo : $R_1 = 2130\Omega$.

$V_{out} = 3,3V$.

De manera que el resultado de esta operación indica que el valor de la resistencia R_x es 278KΩ.

En la figura 4.29 se muestra como es el conexionado de la entrada ON/OFF y como el de las patillas 4 y 5 de este convertidor.

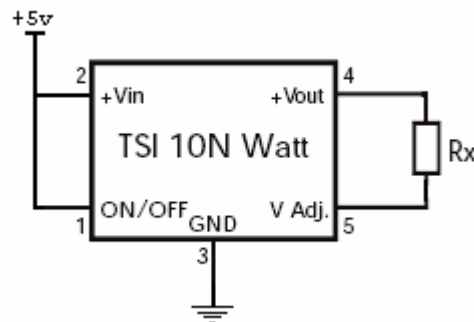


Figura 4.29 :Conexionado del TSI 10N-0510.

4.3.3.2.6. Protecciones de la alimentación de 3.3V.

La protección utilizada contra sobretensiones para la alimentación de 3.3V es un supresor de transitorio de tensión llamado V3.5MLA0806A.

Las características técnicas más importantes de la protección son las mostradas en la tabla 4.23.

PART NUMBER	MAXIMUM RATINGS (125°C)					SPECIFICATIONS (25°C)		
	MAXIMUM CONTINUOUS WORKING VOLTAGE		MAXIMUM NON- REPETITIVE SURGE CURRENT (8/20µs)	MAXIMUM NON- REPETITIVE SURGE ENERGY (10/1000µs)	MAXIMUM CLAMPING VOLTAGE AT 10A (OR AS NOTED) (8/20µs)	NOMINAL VOLTAGE AT 1mA DC TEST CURRENT		TYPICAL CAPACITANCE AT f = 1MHz
	$V_{M(DC)}$	$V_{M(AC)}$	I_{TM}	W_{TM}	V_C	$V_{N(DC) \text{ MIN}}$	$V_{N(DC) \text{ MAX}}$	C
	(V)	(V)	(A)	(J)	(V)	(V)	(V)	(pF)
V3.5MLA0805	3.5	2.5	120	0.3	10 at 5A	3.7	7.0	2200

Tabla 4.23 : Características del V3.5MLA0806A.

4.4. Sistema de disipación de calor.

Debido a la gran cantidad de componentes electrónicos que hay en el interior de los tubos y a que los tubos están prácticamente cerrados se genera un aumento de la temperatura dentro de los tubos.

Los componentes, según sus especificaciones, soportan una temperatura máxima y por esta razón tiene que haber un sistema de disipación de calor en el interior de los tubos.

El sistema de disipación de calor va a consistir en tres partes principalmente, que son:

- Planchas de aluminio.
- Carcasas de los *drivers*.
- Ventiladores.

4.4.1. Planchas de aluminio.

Las planchas de aluminio son unos disipadores que sirven a su vez como base para los sistemas electrónicos.

La función de estas placas de aluminio es transmitir el calor producido sobre todo en los amplificadores y en su puente de transistores al resto de la placa y que no se quede concentrado en la zona de los amplificadores.

4.4.2. Carcasa de los *drivers*.

Las carcasas que poseen de fábrica los *drivers* también se utilizan como elementos disipadores del calor producido. Estas carcasa han sido modificadas para que su tamaño fuera menor y así se pudieran colocar en el interior de los tubos.

4.4.3. Ventiladores.

Para conseguir la evacuación del aire caliente que hay dentro del tubo se van a utilizar dos ventiladores por cada tubo.

La función de uno de los ventiladores es la de introducir el aire fresco dentro del tubo y la del otro es extraer el aire caliente que hay dentro del tubo hacia fuera.

Los ventiladores elegidos son unos ventiladores extraplanos con moldura termoplástica de Sunon cuyo modelo es el GM0503PEV1-8 que tiene una vida útil de 45000horas.

Las dimensiones de los ventiladores son de 30x30x6mm. Los ventiladores se muestran en la figura 4.30.



Figura 4.30 : Ventilador.

Las características más importantes de los ventiladores son las mostradas en la tabla 4.24.

Atributo	Valor
Tensión de funcionamiento	5Vdc.
Corriente de suministro	130mA.
Potencia	0.7W.
Velocidad	9500rpm.
Flujo de aire	8.3m ³ /h.
Ruido	28dB.
Peso	6g.

Tabla 4.24 : Características de los ventiladores.

Capítulo V

Desarrollo.

5.1. Estudio del tamaño de los tubos.

Una vez seleccionados todos los elementos necesarios para el nuevo diseño de ASIBOT se procede con el diseño de las placas.

Como ya se ha mencionado en capítulos anteriores las placas se colocan en el interior de los tubos de fibra de carbono, por lo que en primer lugar habrá que tener en cuenta las dimensiones de los tubos.

A continuación se estudia el espacio disponible en el interior de los tubos.

5.1.1. Dimensionado de los tubos.

Las dimensiones de los tubos son las representadas en las siguientes figuras. Figura 5.1 para el tubo largo y figura 5.2 para el tubo corto.

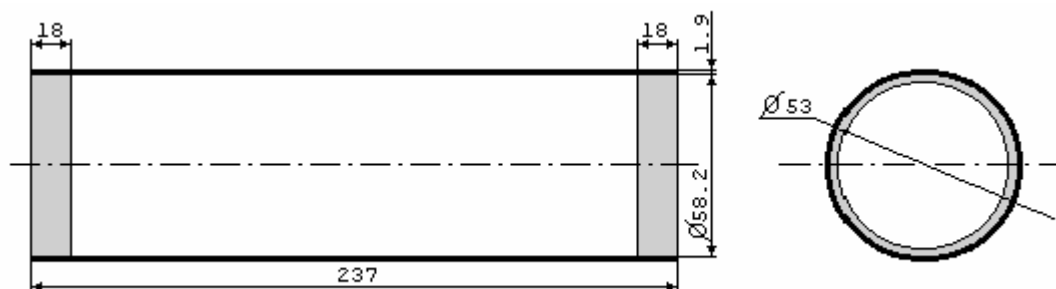


Figura 5.1 : Dimensiones del tubo largo (en mm).

El volumen que hay dentro del tubo se calcula restando el espesor del tubo y el tamaño de las bridas, que es lo que se ve de color gris en la figura 5.1. Esta es la fórmula con la que se realizará el cálculo:

$$V_{TLargo} = (L_{TLargo} - 2 \times L_{Bridas}) \times \pi \times \left(\frac{\phi_{Int}}{2} \right)^2$$

siendo:

L_{TLargo} : Longitud del tubo largo.

L_{Bridas} : Longitud que ocupan las bridas.

ϕ_{Int} : Diámetro interno del tubo.

Sustituyendo en la fórmula los valores obtenemos:

$$V_{TLargo} = (237 - 2 \times 18) \times \pi \times \left(\frac{58.2}{2} \right)^2 = 534726.7 \text{ mm}^3 = 534.7 \text{ cm}^3$$

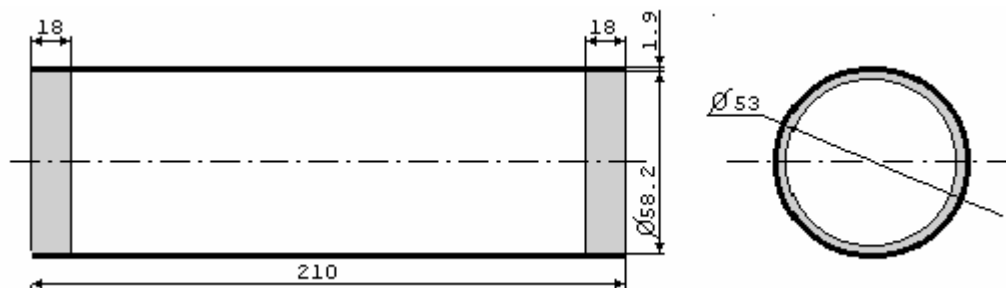


Figura 5.2 : Dimensiones del tubo corto (en mm).

El volumen interno del tubo corto es el calculado a continuación:

$$V_{TCorto} = (L_{TCorto} - 2 \times L_{Bridas}) \times \pi \times \left(\frac{\phi_{Int}}{2} \right)^2$$

siendo:

L_{TCorto} : Longitud del tubo corto.

L_{Bridas} : Longitud que ocupan las bridas.

ϕ_{Int} : Diámetro interno del tubo.

Sustituyendo en la fórmula los valores obtenemos:

$$V_{TLargo} = (210 - 2 \times 18) \times \pi \times \left(\frac{58.2}{2} \right)^2 = 462897.8 mm^3 = 462.9 cm^3$$

Al igual que en la versión anterior del robot ASIBOT y con motivo de hacer un diseño más compacto, se va a llevar a cabo una disposición de las placas en tipo sándwich. En cada tubo habrá dos placas y estas se colocarán de manera que los elementos electrónicos de ambas queden en la parte interna aunque estarán separados por la plancha de aluminio.

Con motivo de esta disposición de las placas, el espacio útil del interior de los tubo será distinto al calculado anteriormente. A continuación se mostrarán las dimensiones útiles del interior de los tubos.

5.1.2. Dimensionado útil de los tubos.

5.1.2.1. Tubo largo

En la figura 5.3 se representa la situación del tubo largo cuando se introduce el sándwich con los sistemas electrónicos.

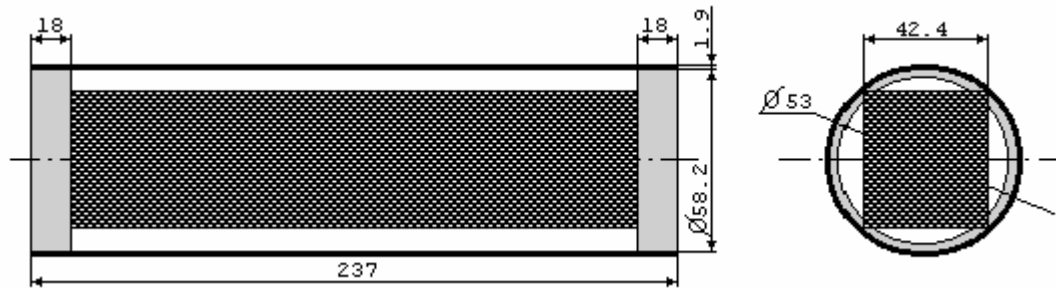


Figura 5.3 : Dimensiones útiles del tubo largo (en mm).

El volumen útil, que es el volumen en cual van a ubicarse las placas y la electrónica, es el que se ve enrejado en la figura 5.3. Este es el cálculo del volumen:

$$V_{TL \text{ arg } oU} = (L_{TL \text{ arg } o} - 2 \times L_{Bridas}) \times L_{Placa}^2$$

siendo:

$L_{TL \text{ arg } o}$ = Longitud del tubo largo.

L_{Bridas} = Longitud que ocupan las bridas.

L_{Placa} = Longitud del espacio que pueden ocupar las placas dentro del tubo.

Sustituyendo en la fórmula los valores obtenemos los siguientes datos:

$$V_{TLargoUtil} = (237 - 2 \times 18) \times 42.4^2 = 361349.76 \text{ mm}^3 = 361.3 \text{ cm}^3$$

Como se puede, ver el volumen del que se dispone realmente se a reducido considerablemente.

5.1.2.2. Tubo corto

En la figura 5.4, la parte representada con enrejado, es el espacio del cual se dispone en el interior del tubo corto.

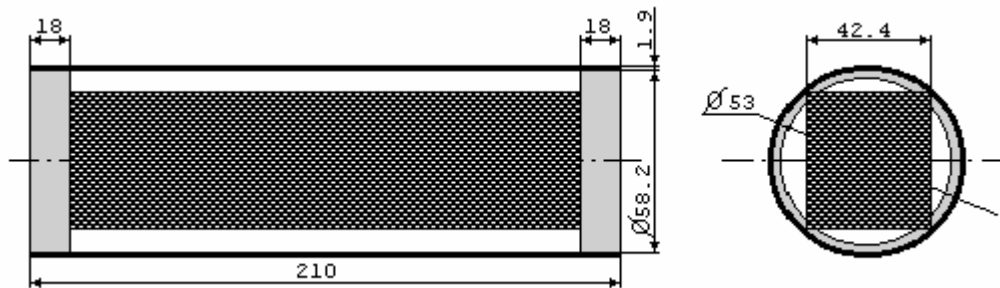


Figura 5.4 : Dimensiones útiles del tubo corto (en mm).

La siguiente fórmula es la utilizada para calcular el volumen del espacio útil dentro del tubo corto:

$$V_{TCortoUtil} = (L_{TCorto} - 2 \times L_{Bridas}) \times L_{Placa}^2$$

siendo:

L_{TCorto} = Longitud del tubo corto.

L_{Bridas} = Longitud que ocupan las bridas.

L_{Placa} = Longitud del espacio que pueden ocupar las placas dentro del tubo.

Sustituyendo en la fórmula los valores obtenemos los siguientes datos:

$$V_{TCortoUtil} = (210 - 2 \times 18) \times 42.4^2 = 312810.2 \text{ mm}^3 = 312.8 \text{ cm}^3$$

5.2. Distribución de componentes.

En este apartado se va a realizar el estudio de la ubicación más óptima de los componentes.

5.2.1. Distribución de *drivers*.

En primer lugar se van a distribuir los *drivers*, ya que son los componentes más grandes.

Para una optimización del espacio se van a ubicar los *drivers* cerca del eje al cual están asociados. En la figura 5.5 se muestra como están situados los tubos y los ejes.

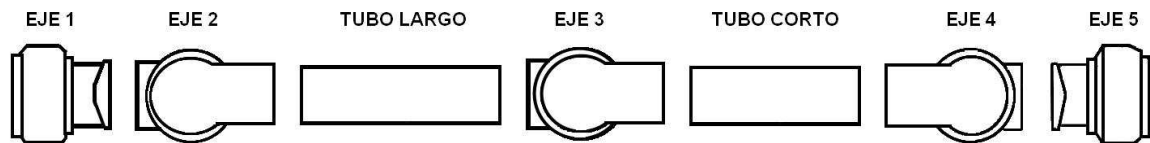


Figura 5.5 : Estructura del ASIBOT.

Los *drivers* 1 y 2 se situarán en el tubo largo; los *drivers* 4 y 5 en el tubo corto y el *driver* 3 podría estar en cualquiera de los dos tubos pero se ha decidido colocar en el tubo largo para que los cables puedan pasar por dentro del eje sin tener que utilizar una manguera.

La situación de los *drivers* respecto a la placa superior o inferior es indiferente.

De manera que la situación de los *drivers* es la siguiente:

- *Driver* 1 : Tubo largo placa inferior.
- *Driver* 2 : Tubo largo placa superior.
- *Driver* 3 : Tubo largo placa inferior.
- *Driver* 4 : Tubo corto placa inferior.
- *Driver* 5 : Tubo corto placa superior.

5.2.2. Distribución de los chips ULN2064.

En segundo lugar se van a situar los buffer de corriente, que son los componentes necesarios a la salida de cada *driver* para poder controlar los frenos.

Es necesaria la utilización de dos buffer ya que cada uno puede amplificar cuatro señales y se necesitan cinco en total.

Un *buffer* se va a ubicar en el tubo largo y se utilizará para el freno de los ejes 1, 2 y 3.

El segundo *buffer* se situará en el tubo corto y su salida se utilizará para los freno de los ejes 4 y 5.

El *buffer* que se utiliza para los frenos 1, 2 y 3 se colocará en el tubo largo, en la placa inferior ya que en esa placa hay dos de los *drivers* y así se elimina cable necesario de una placa a otra.

El buffer correspondiente a los ejes 4 y 5 se colocará en la placa inferior del tubo corto aunque en este caso no influye en cual de las placas se coloque ya que hay un *driver* en cada una de las placas.

5.2.3. Distribución del TSI 10N-2411.

Este componente es el convertidor de tensión continua de 24Vdc a 5Vdc.

La alimentación de 5V se utiliza para los ventiladores y para el convertidor de tensión de 3,3V. De manera que deberá haber tensión de 5V en los dos tubos.

Teniendo en cuenta las especificaciones anteriores el convertidor se ubicará en el tubo corto inferior y luego se transportará el nivel de tensión de 5V al tubo largo.

5.2.4. Distribución de los ventiladores.

Hay dos ventiladores en cada tubo, uno en cada extremo de las placas. De manera que habrá que dejar un hueco libre en las placas, aunque los ventiladores no llegan a apoyar en ellas.

La alimentación de los ventiladores del tubo corto se colocará en la placa inferior que es donde está el TSI 10N2411 de esta manera no será necesaria la utilización de cables para comunicarlo con la otra placa.

La alimentación del tubo largo también se colocará en la placa inferior.

5.2.5. Distribución de la placa Phyttec y su acondicionamiento.

La phyttec va a estar situada en el tubo largo, en la placa superior ya que en esta placa sólo hay ubicado un *driver* y el espacio disponible es mayor.

La phyttec no está situada directamente en el placa sino que se ha creado una placa auxiliar que está conectada a la placa mediante unos conectores.

Los circuitos y componentes necesarios para el acondicionamiento de la phytec como pueden ser los circuitos del ethernet, del jtag, del rs-232 y del CAN también se ubicarán en el tubo largo y en la placa superior para acortar distancias con la phytec y no tener que utilizar más cable.

5.2.6. Distribución del TSI 10N-0510.

Este elemento es el convertidor de tensión continua de 5Vdc a 3,3Vdc.

La tensión de 3,3V sólo alimenta a la phytec y al *transceiver* de manera que colocaremos el convertidor en el tubo largo, placa superior para que estén próximos y no sea necesaria la utilización de cables o conectores con la otra placa.

5.2.7. Distribución de las protecciones.

En este apartado se van a distinguir entre las protecciones de las tensiones de 24V, de 3,3V y de 5V.

5.2.7.1. Distribución del SMCJ24A.

Esta es la protección de 24V. Se van a situar cuatro de ellas. Van a estar situadas en las dos placas de los dos tubos, es decir a lo largo de toda la línea de 24V.

5.2.7.2. Distribución del SMBJ5.0A.

Esta es la protección de 5V que se ubicará en el tubo corto y en la placa inferior, a la salida del convertidor de 5V.

5.2.7.3. Distribución del V3.5MLA0806A.

Esta es la protección de la alimentación de 3,3V se dispondrá a la salida del convertidor de 3,3V; en el tubo largo, placa superior.

5.3. Interconexión de los sistemas.

Las señales existentes deben ser transmitidas de unas placas a otras. Al existir señales de diferentes valores de corriente deben existir también distintos tamaños de las pistas de las placas, distintos tipos de conectores y distintas secciones de cables.

Las señales existentes se pueden dividir en dos grupos:

- Alta potencia: son aquellas señales que tienen un valor de corriente superior a 1A. Estas señales son:
 - Alimentación de 24V y GND.
 - Excitación de los motores.
- Baja potencia: son aquellas señales que no poseen un valor de corriente mayor a 1A. Estas señales son todas las que no son de alta potencia.

A continuación se muestra un esquema de todas las señales que recorren el robot ASIBOT. En el esquema se puede comprobar cual es el lugar del cual parten las señales y cual es el lugar al cual llegan.

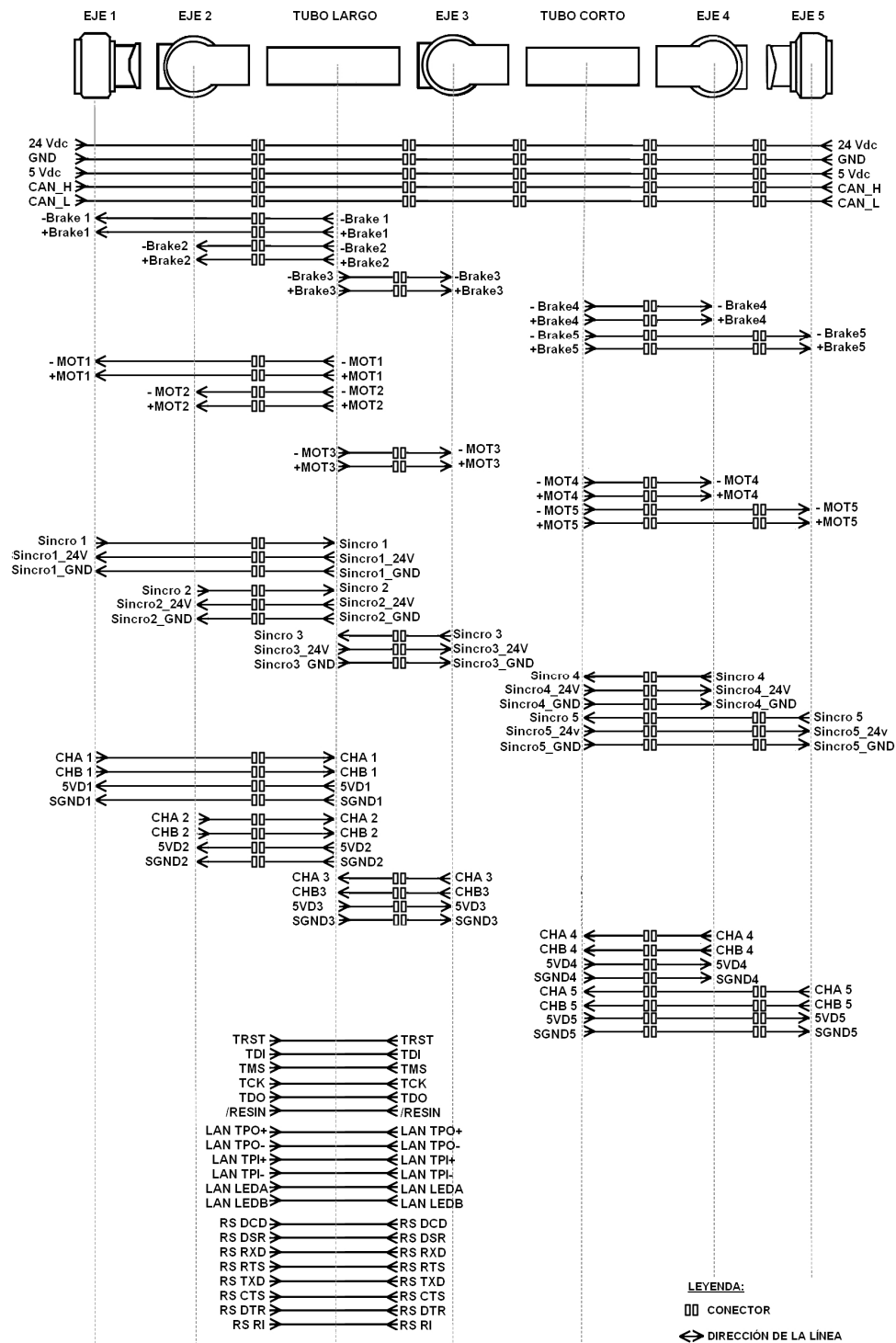


Figura 5.6 : Señales dentro del ASIBOT.

5.4. Dimensiones de las placas y planchas de aluminio.

5.4.1. Dimensiones de la placa inferior del tubo largo.

En la figura 5.7 se muestran las dimensiones de la placa inferior del tubo largo y la ubicación exacta de los dos drivers.

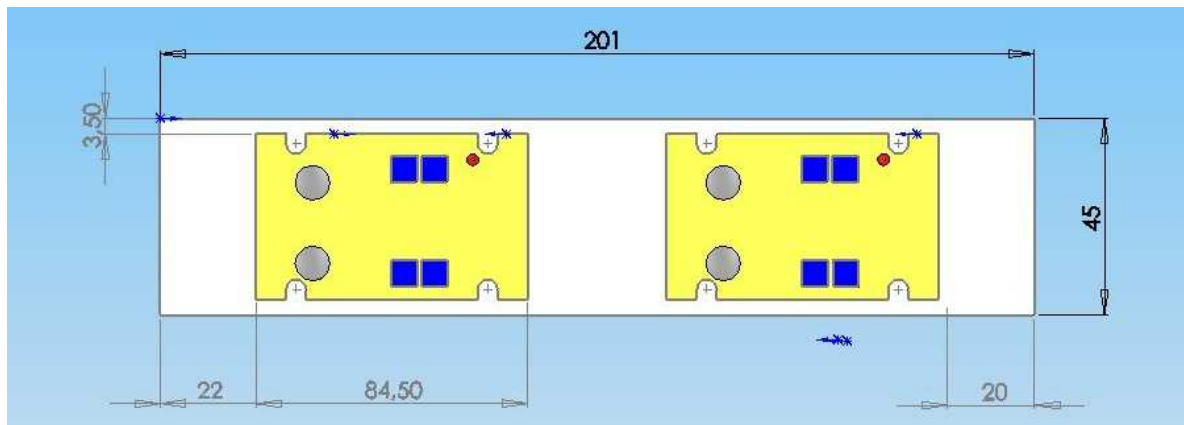


Figura 5.7 : Dimensión tubo largo placa inferior.

5.4.2. Dimensiones de la placa superior del tubo largo.

En la figura 5.8 se representan las dimensiones de la placa, la ubicación del driver 2 y de los conectores de la placa de acondicionamiento de la CPU.

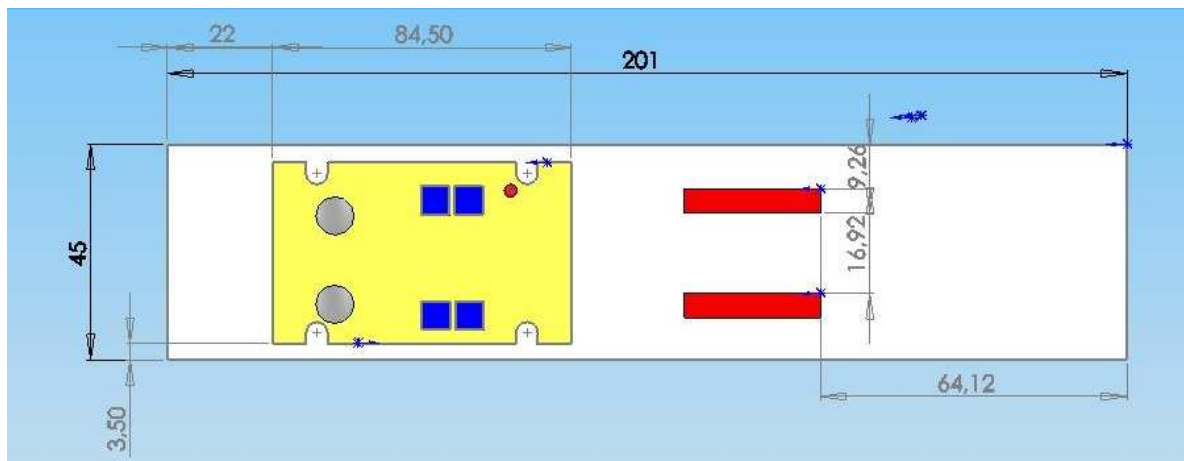


Figura 5.8 : Dimensión tubo largo placa superior.

5.4.3. Dimensiones de las placas del tubo corto.

En la figura 5.9 se muestran las dimensiones de las placas superior e inferior del tubo corto y la ubicación del driver.

Sólo se ha representado una vez, en la figura 5.9, ya que las dimensiones de las dos placas son iguales y los *drivers* se encuentran ubicados en ellas a la misma distancia.

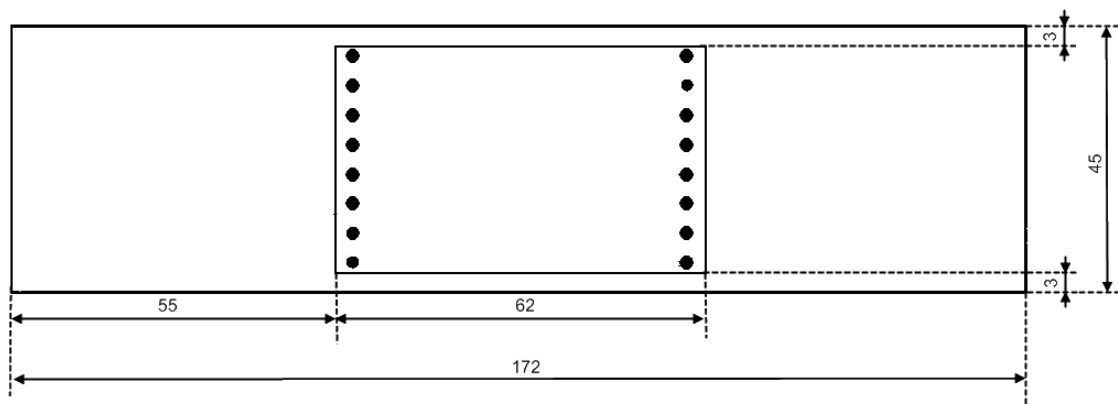


Figura 5.9 : Dimensión placa tubo corto.

5.4.4. Dimensiones de la plancha de aluminio del tubo largo.

En la figura 5.10 se pueden ver las dimensiones de la plancha de aluminio que soporta las placas del tubo largo, la ubicación de los drivers en ella y la ubicación del hueco de los ventiladores.

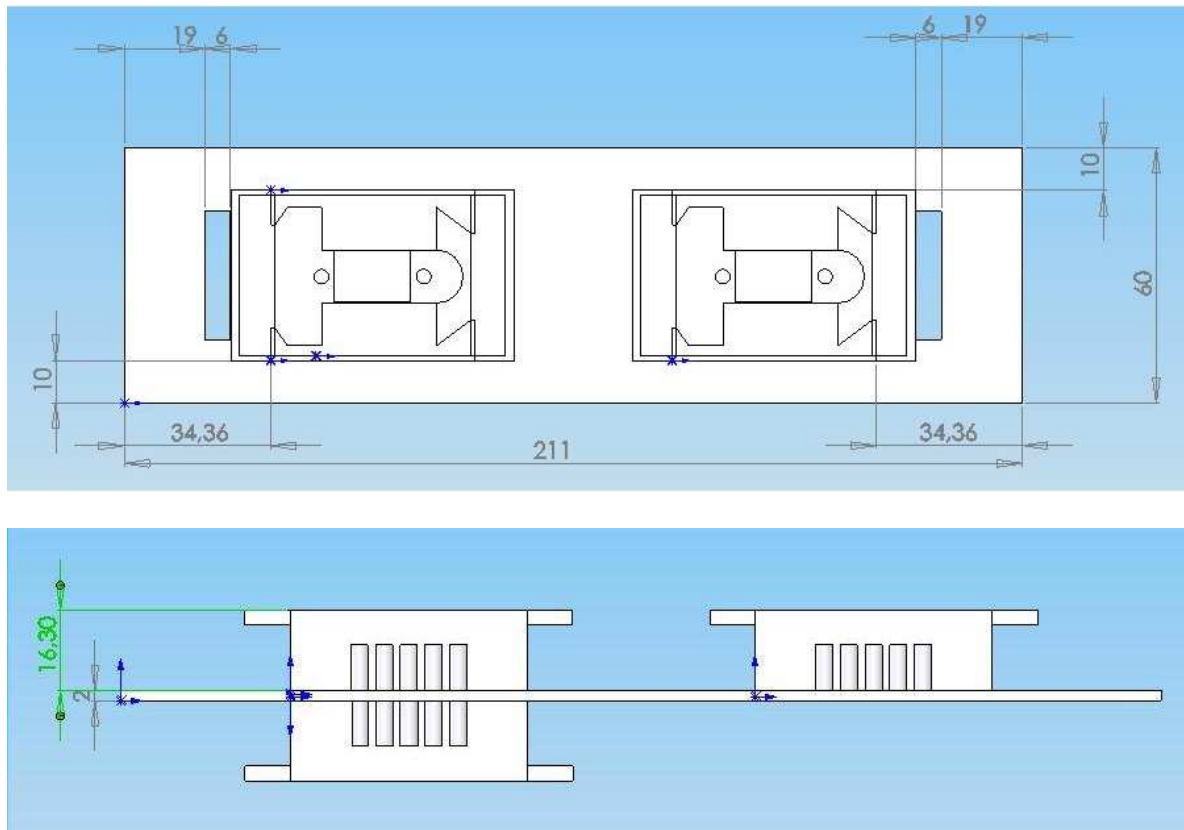


Figura 5.10 : Dimensión de plancha tubo largo.

5.4.5. Dimensiones de la plancha de aluminio del tubo largo.

En la figura 5.11 se muestran las dimensiones de la plancha de aluminio del tubo corto, la ubicación de los drivers y el hueco de los ventiladores.

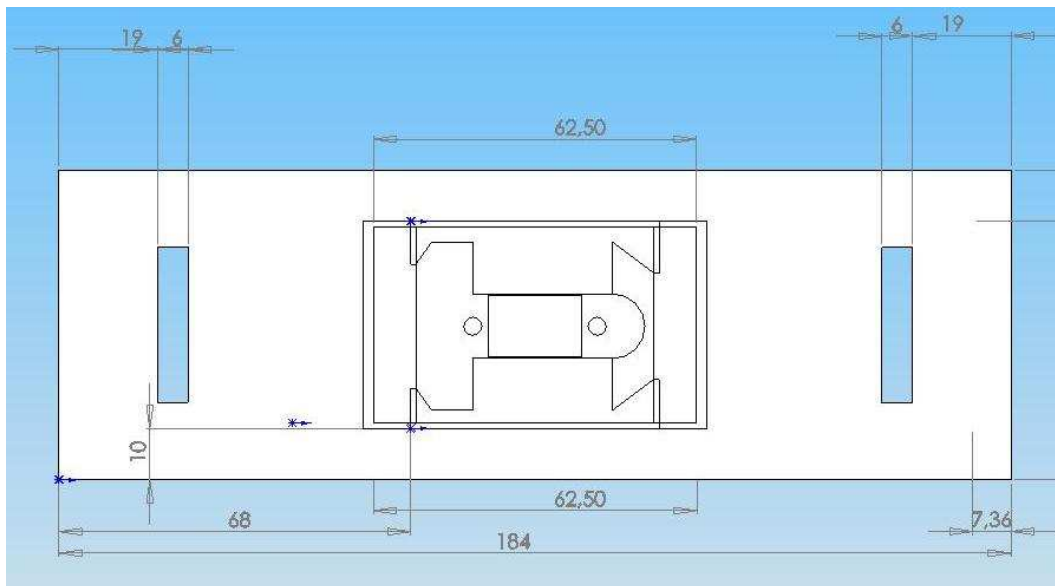


Figura 5.11 : Dimensión de plancha tubo corto.

5.5. Conectores.

Hay dos tipos de conectores en las placas, que son:

- Conectores de potencia.
- Conectores de control.

5.5.1. Conectores de potencia.

Los conectores de potencia se utilizan para aquellas señales que tienen que soportar corrientes superiores a 1A. Los conectores de potencia se utilizan para unir los cables con las placas.

Los conectores utilizados son Mini-Fit de Molex de doble vía. Son necesarios un conector hembra y un conector macho. El conector macho se suelda a la placa y el conector macho se cripa a los cables. Estos conectores son como los representados en la figura 5.12 y 5.13.

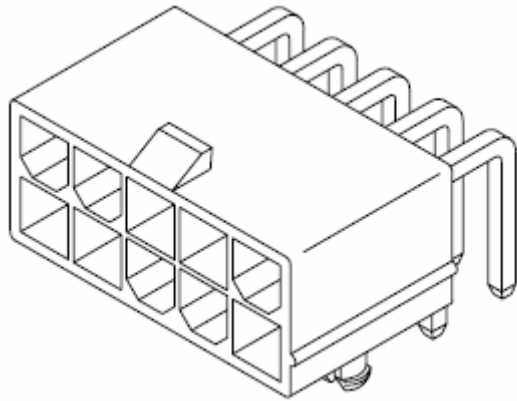


Figura 5.12 : Mini-Fit hembra.
macho.

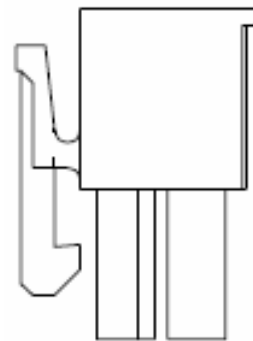


Figura 5.13 : Mini-Fit

5.5.2. Conectores de control.

Los conectores utilizados para estas señales que no poseen una corriente de valor tan alto como los de potencia son Micro-Match.

De estos conectores son necesarios una hembra que va soldada a las placas y un macho donde se crimpan los cables. En la figura 5.14 y 5.15 se muestran como son los conectores. Se han utilizado conectores de 4, 6, 10 y 12 vías según corresponda.

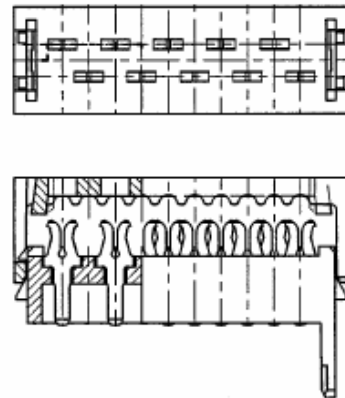
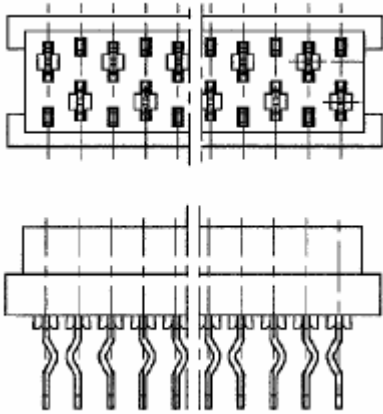


Figura 5.14 : Micro-Fit hembra.
Macho.

Figura 5.15 : Micro-Fit

En la figura 5.16 se ve como son ambos conectores que luego se conectarán a los conectores hembras que están soldados a las placas.

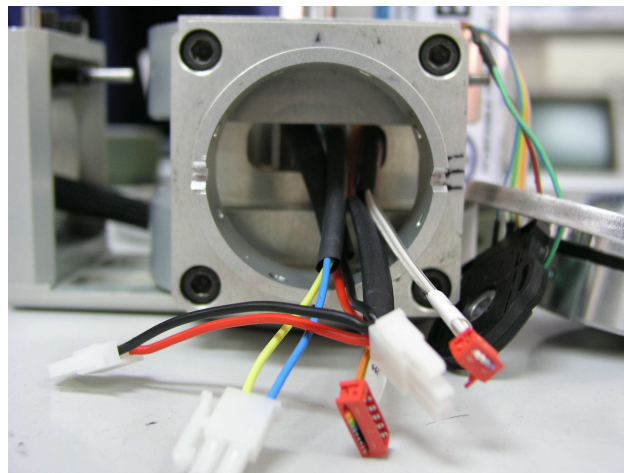


Figura 5.16 : Conectores macho.

5.6. Bridas y mangueras.

Por último hay que comentar como se producen las uniones entre tubo y tubo, es decir, por donde pasan los cables que hacen posibles estas uniones.

Para evitar el continuo rozamiento de los cables con el metal del robot y así evitar el desgaste de los cables se han colocado unas bridas de aluminio recubiertas por una goma que sujetan los cables y limitan el movimiento de los estos.

Por otra parte todos los cables van introducidos dentro de unas mangueras que protegen los cables y además los mantiene unidos para reducir el espacio que ocupan.

En la figura 5.17 se puede ver como son las bridas de las que se ha hablado y las mangueras donde están los cables.

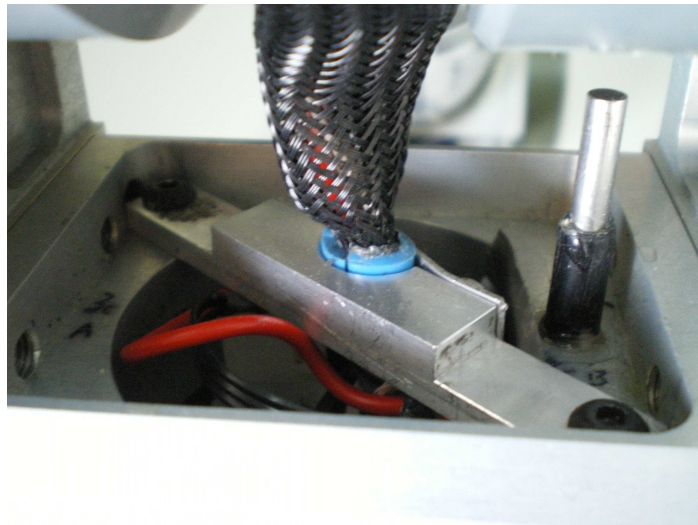


Figura 5.17 : Brida y manguera.

Capítulo VI

Conclusiones y trabajos futuros.

6.1. Conclusiones

Teniendo en cuenta los objetivos que se describieron al inicio de este proyecto, como conclusiones se puede afirmar que:

- Se ha logrado incluir satisfactoriamente el sistema de comunicaciones basado en el CANBUS. Por consiguiente se han incorporado correctamente los nuevos *drivers* dotados *CanOpen* y la nueva CPU preparada para operar con CAN.
- También se ha logrado con éxito el objetivo de introducir los *encoders* absolutos para así evitar tener que sincronizar los ejes antes de comenzar el funcionamiento del robot. Para que esto fuera posible se han incorporado también correctamente los módulos entradas/salidas del CANBUS.

También se definieron una serie de especificaciones para la realización de las placas que son las siguientes:

- En la elección de componentes se han intentado escoger siempre los de menor tamaño y con esto se ha conseguido un correcto rutado de las placas y que toda los componentes electrónicos hayan podido caber en las placas y estas a su vez en los tubos.
- En relación con la reducción del peso del robot no se ha logrado una reducción, ya que aunque el peso de algunos componentes nuevos sea menor que el de los anteriores, hay más componentes.
- Con la elección de los cables y conectores se ha conseguido reducir el espacio entre las articulaciones y así la facilidad para poder conectar y desconectar los cables a la hora de desmontar el robot. Con el nuevo cableado y conectorización también se ha logrado cierta robustez ya que los cables no sufren tanto y por lo tanto tardarán más en deteriorarse y provocar fallos en el funcionamiento del robot.

- Se ha conseguido reducir el espacio en las placas realizando un diseño más compacto, de esta manera queda espacio libre que se podrá utilizar para futuras ampliaciones.

6.2. Trabajos futuros.

Para mejorar en un futuro el funcionamiento de ASIBOT e incorporar nuevas tecnologías se proponen algunas mejoras que será descritas a continuación.

6.2.1. Galgas extensiométricas.

Las galgas extensiométricas son dispositivos electrónicos que aprovechan el efecto piezorresistivo para medir deformaciones. Ante una variación en la estructura del material de la galga se producirá una variación en su resistencia eléctrica.

La incorporación de galgas extensiométricos en el diseño de ASIBOT puede ser de gran utilidad para medir la deformación de los tubos.

Las galgas extensiométricos tienen una desventaja que es su dependencia de la temperatura, lo que provoca, que en ocasiones sea necesario un circuito electrónico para compensar esa dependencia.

En la figura 6.1. se puede observar cómo es una galga extensiométrica.

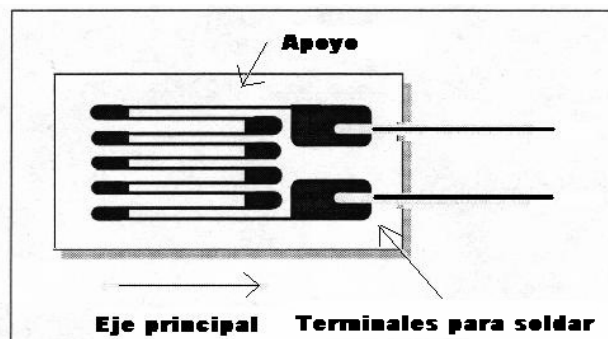


Figura 6.1 : Galga extensiométrica.

6.2.2. Circuitos flexibles.

Como ya se ha comentado en el capítulo de prospectiva tecnológica, el diseño en circuitos impresos tiene multitud de ventajas.

Sería muy interesante realizar el diseño en placas flexibles ya que se reduciría el peso del robot considerablemente y se podrían adaptar las placas a la geometría de los tubos quedando así más espacio libre para futuras ampliaciones.

6.2.3. Nuevo joystick.

El robot puede ser controlado por el usuario mediante un joystick que se comunica con la CPU mediante Wifi. El joystick se muestra en la figura 6.2.



Figura 6.2 : Joystick.

Se desea realizar un joystick de menor tamaño y menor peso para mayor comodidad. También se intentará hacer más sencilla su utilización.

Bibliografía.

Libros

Barrientos A., Peñín L.F., Balaguer C., Aracil R.; *Fundamentos de Robótica*; McGraw-Hill, 1997.

Martínez de la Casa Díaz S., *Diseño e Implementación de los Sistemas Embarcados del Robot MATS*; P.F.C. Universidad Carlos III de Madrid, 2005.

Gutiérrez Martínez S. *Diseño y Ampliación del Hardware Electrónico del Robot khr-1 para el Concurso CEABOT*; P.F.C. Universidad Carlos III de Madrid, 2007.

Artículos

Institute of Physics, Publishing Journal of Physics: Conference Series 48, International Symposium on Instrumentation Science and Technology, 2006.

Hirzinger, G., Albu-Schäffer, A., Hähle, M., Schaefer, I., and Sporer, N. 2001a. *On a New Generation of Torque Controlled Light-Weight Robots*. In *ICRA International Conference on Robotics & Automation, IEEE, COEX Conference Proceedings ICRA*, Seoul, Korea, S. pp. 3356-3363.

Páginas web

<http://www.seicircuits.com.ar>

<http://www.amidata.es>

<http://es.farnell.com>

<http://www.faulhaber.com>

<http://es.wikipedia.org>

<http://www.avagotech.com>

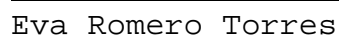
<http://www.tracopower.com>

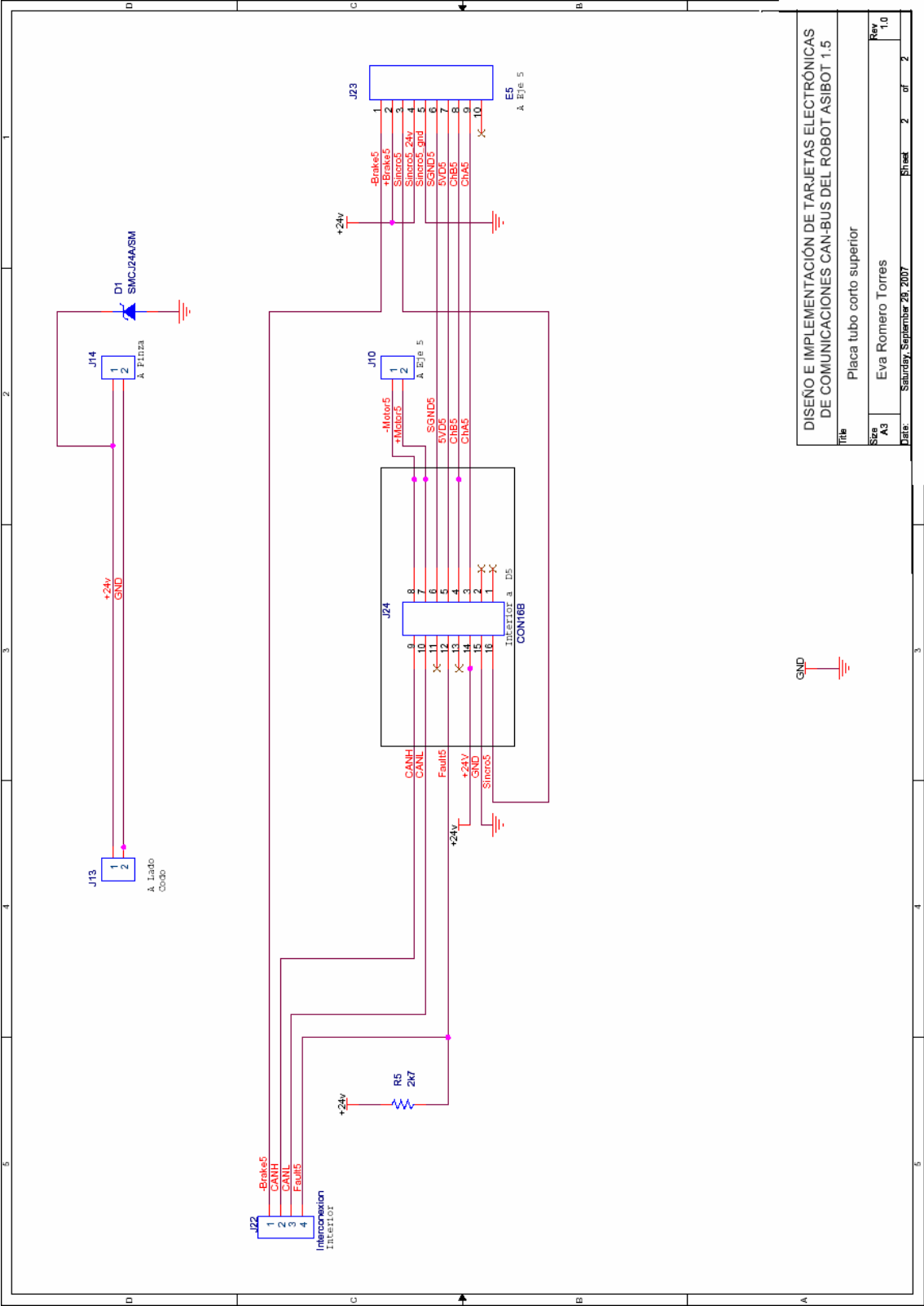
<http://www.yeuhwan.com>

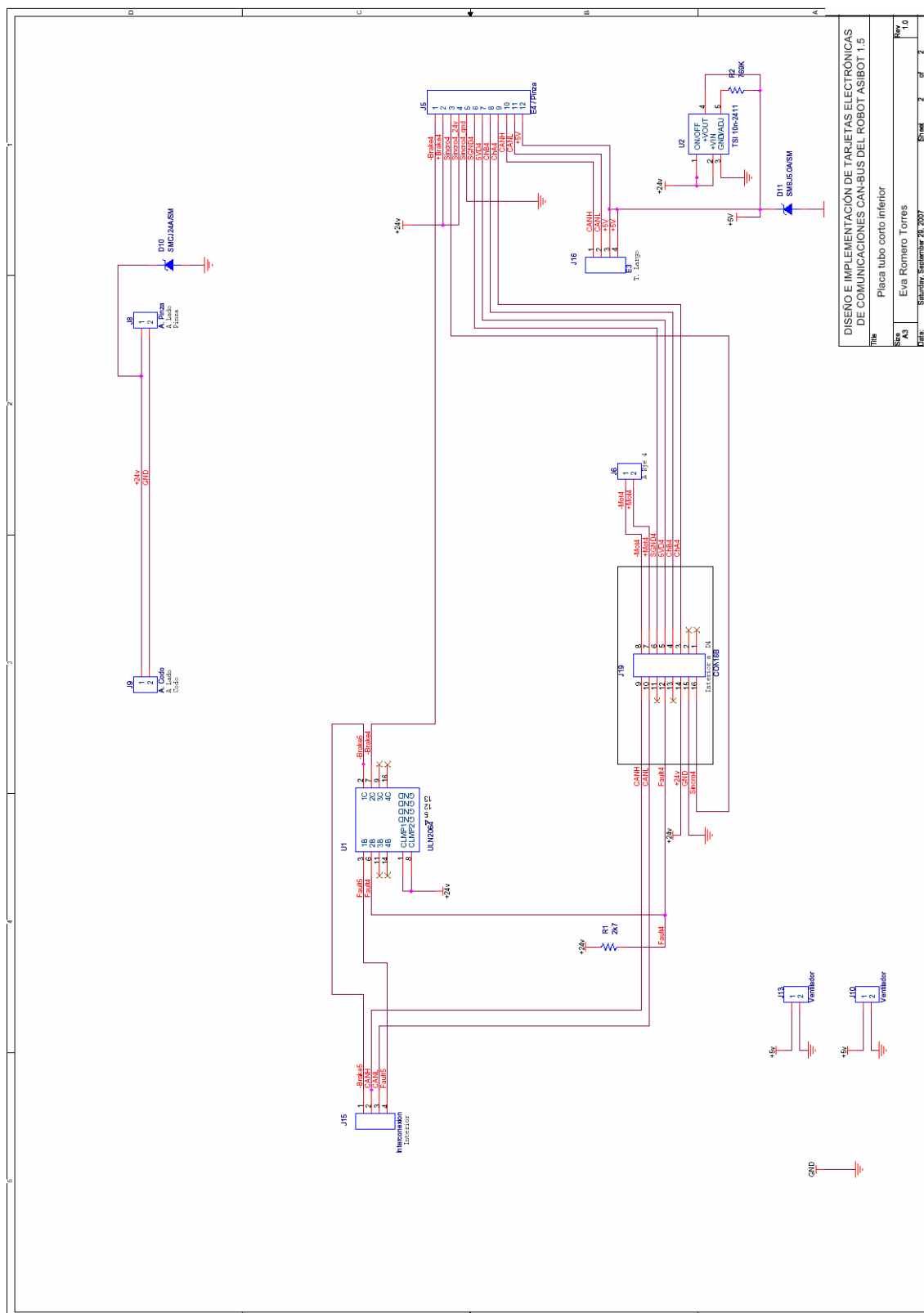
Anexos .

Anexo I

Esquemáticos.

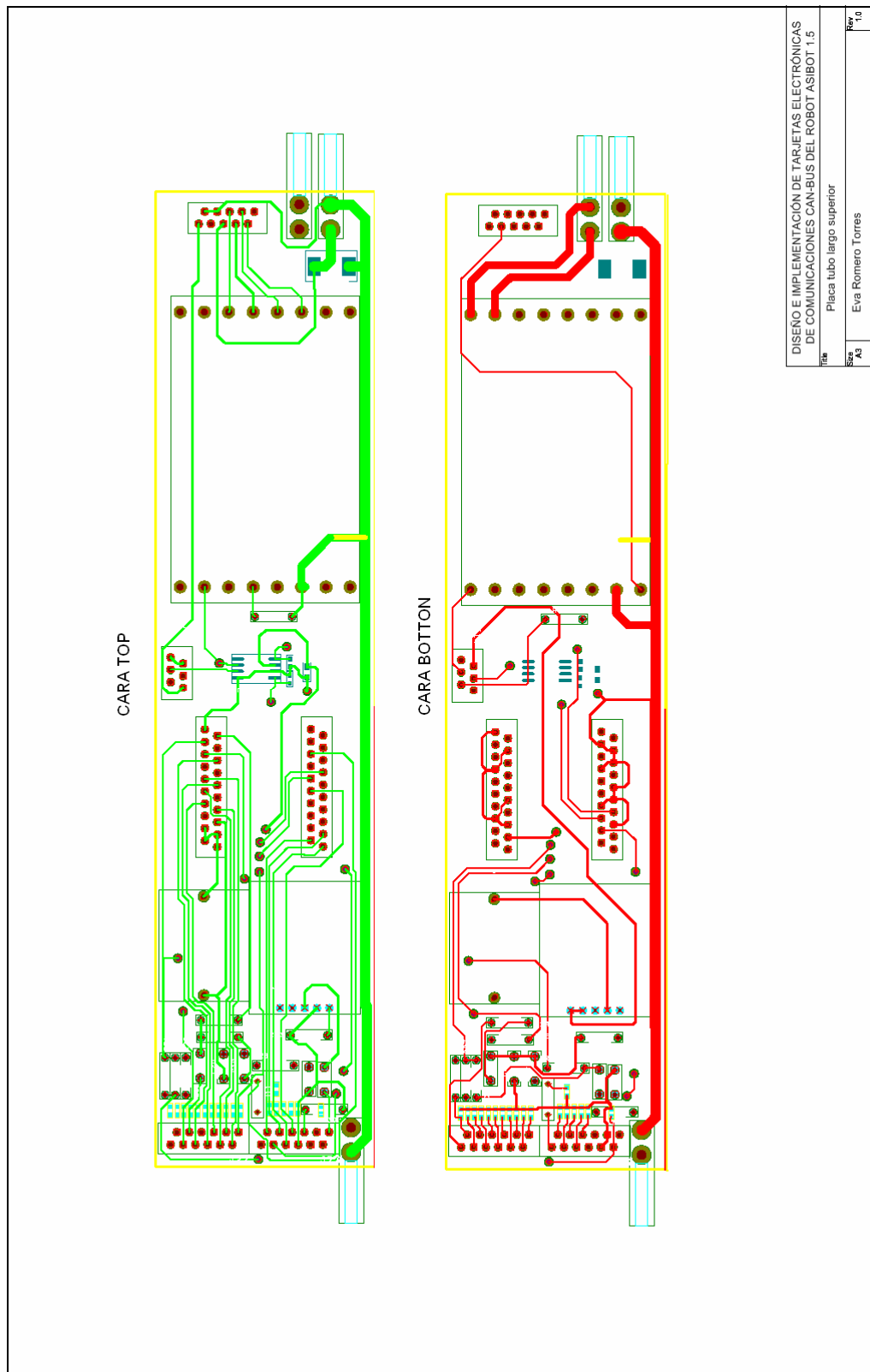


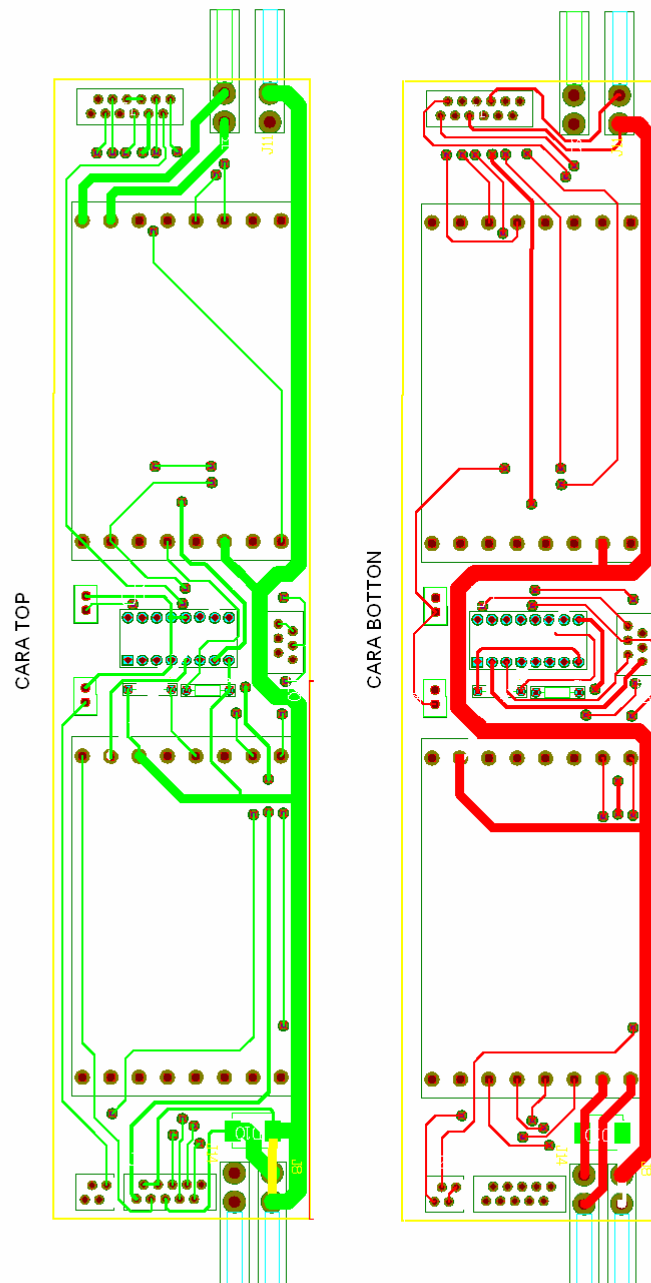




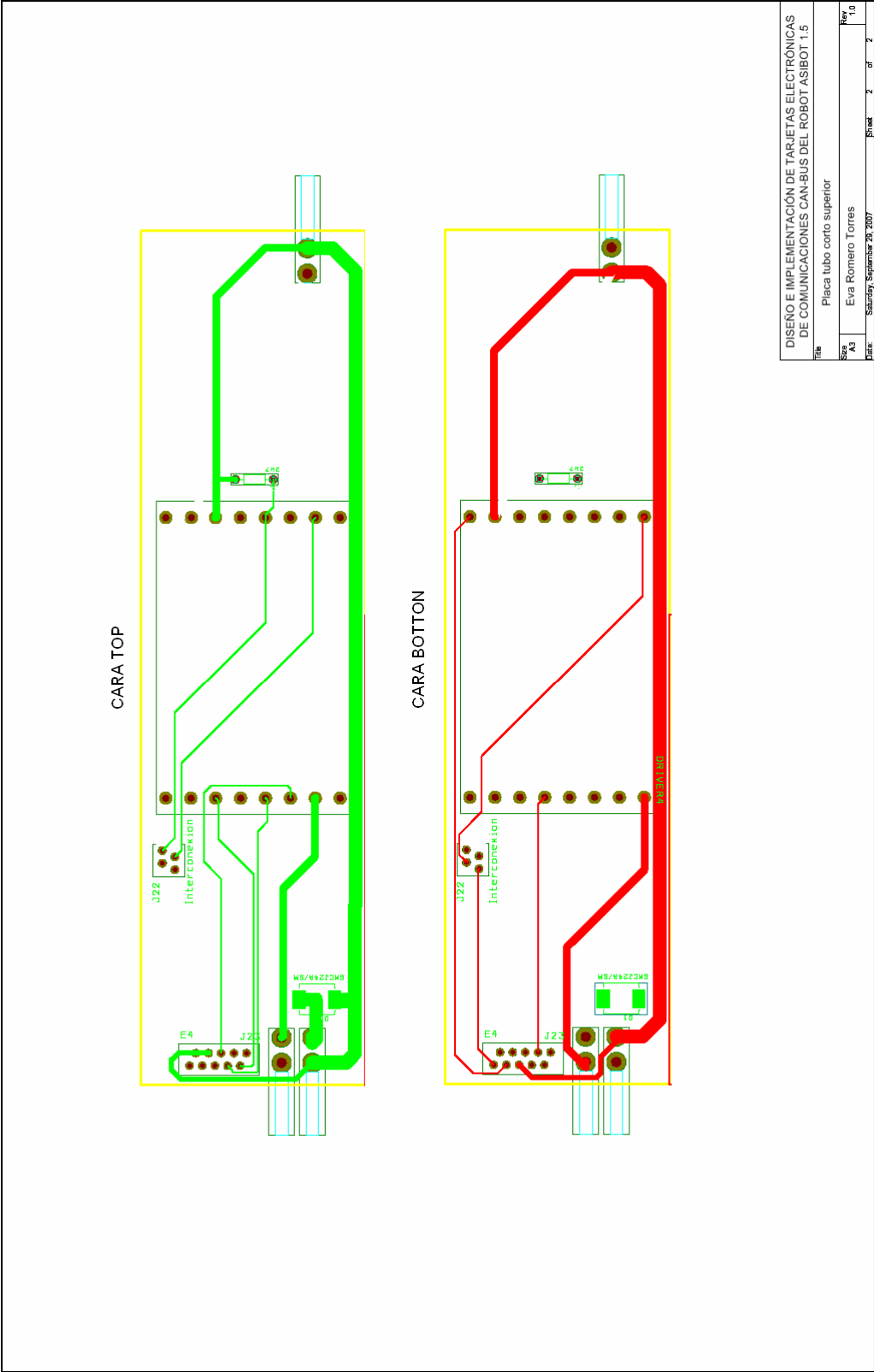
Anexo II

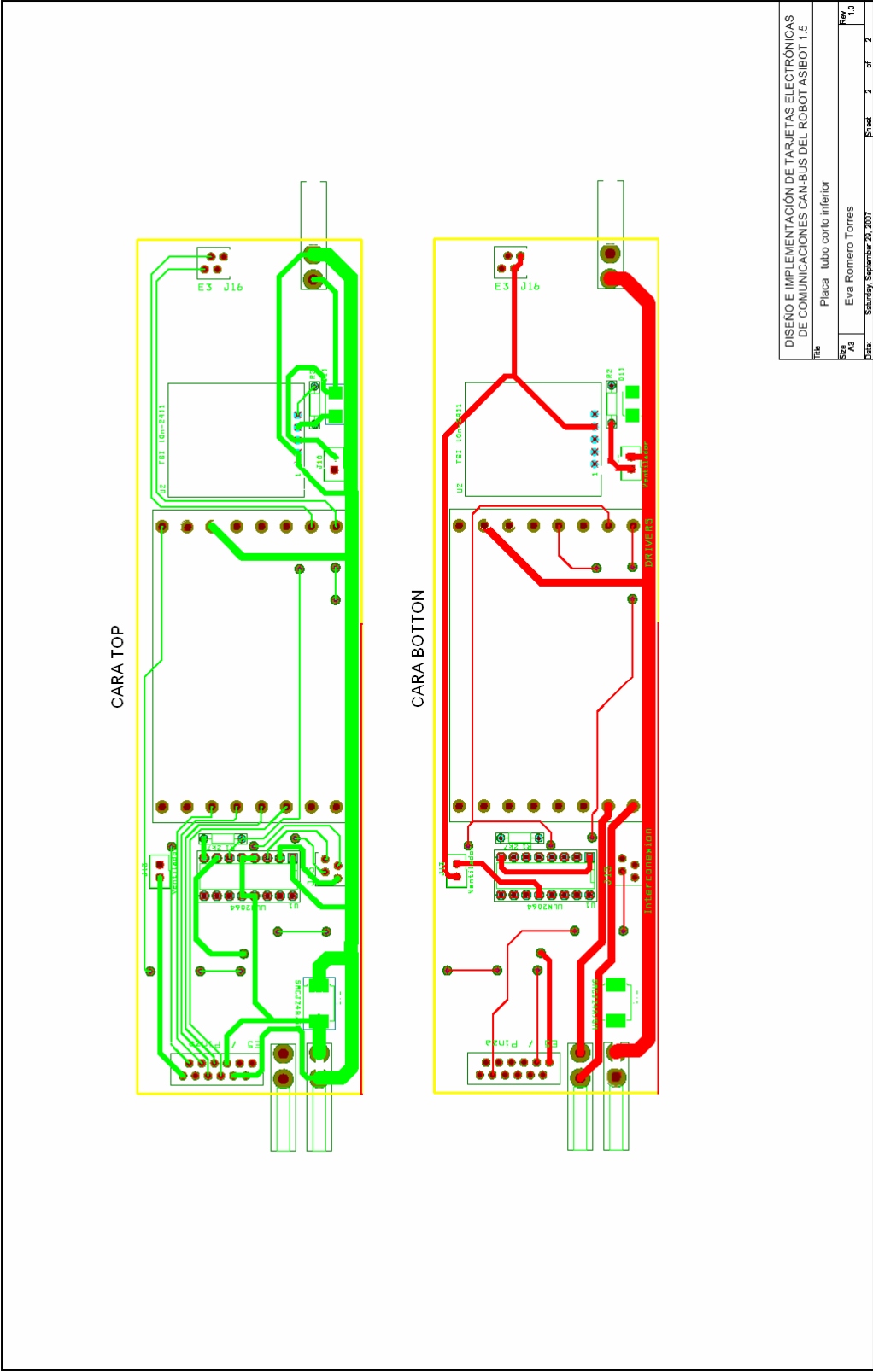
Layouts.





DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE TARJETAS ELECTRÓNICAS DE COMUNICACIONES CAN-BUS DEL ROBOT ASIBOT 1.5	
Título	Placa tubo largo inferior
Size A3	Eva Romero Torres
Rev 1.0	Rev
1	2
2	3
3	4
4	5
5	6
6	7
7	8
8	9
9	10
10	11
11	12
12	13
13	14
14	15
15	16
16	17
17	18
18	19
19	20
20	21
21	22
22	23
23	24
24	25
25	26
26	27
27	28
28	29
29	30
30	31
31	32
32	33
33	34
34	35
35	36
36	37
37	38
38	39
39	40
40	41
41	42
42	43
43	44
44	45
45	46
46	47
47	48
48	49
49	50
50	51
51	52
52	53
53	54
54	55
55	56
56	57
57	58
58	59
59	60
60	61
61	62
62	63
63	64
64	65
65	66
66	67
67	68
68	69
69	70
70	71
71	72
72	73
73	74
74	75
75	76
76	77
77	78
78	79
79	80
80	81
81	82
82	83
83	84
84	85
85	86
86	87
87	88
88	89
89	90
90	91
91	92
92	93
93	94
94	95
95	96
96	97
97	98
98	99
99	100





Anexos III

Hojas de

características.



NEW

Motion Controller

4-Quadrant PWM
with CAN interface

For combination with:
DC-Micromotors

Series MCDC 3003/06 C

		MCDC 3003 C	MCDC 3006 C	
Power supply	U _B	12 ... 30	12 ... 30	V DC
PWM switching frequency	f _{PWM}	78,12	78,12	kHz
Efficiency	η	95	95	%
Max. continuous output current ¹⁾	I _{output}	3	6	A
Max. peak output current	I _{max}	10	10	A
Total standby current	I _{el}	0,06	0,06	A
Speed range		5 ... 30 000	5 ... 30 000	rpm
Scanning rate	N	100	100	μs
Encoder resolution with Hall Sensors		≤ 65 535	≤ 65 535	lines/rev.
Input/output (partially free configurable)		5	5	
Operating temperature range		0 ... + 70	0 ... + 70	°C
Storage temperature		- 25 ... + 85	- 25 ... + 85	°C
Housing material		without housing	aluminium, black anodized	
Weight		18	160	g

¹⁾ at 22°C ambient temperature

Connection information

Connection "CANH", "CANL":		CAN-High / CAN-Low	
Interface		CAN	
Communication profile		CANopen	
Max. transfer speed rate		1	Mbit/s
Connection "AGND":		analog GND	
- analog ground		channel B	
- digital input	external encoder	R _{in}	10 kΩ
		f	≤ 400 kHz
Connection "Fault":		100 kΩ	
- digital input		U	≤ U _B
- digital output (open collector)		I	≤ 30 mA
	clear	switched to GND	
	set	high-impedance	
	no error	switched to GND	
	error	high-impedance	
Connection "AnIn":		"AGND" as GND	
- analog input	set speed value	U _{in}	± 10 V
- digital input	PWM set speed value	f	100 ... 2 000 Hz
		T	50% ± 0 rpm
	external encoder	f	channel A
		f	≤ 400 kHz
	step frequency input	f	≤ 400 kHz
		R _{in}	5 kΩ
Connection "+24V":		U _B	12 ... 30 V DC
Connection "GND":		ground	
Connection "3. In":		22 kΩ	
- digital input		R _{in}	
- electronic supply voltage ²⁾		U _B	12 ... 30 V DC
Connection "4. In":		22 kΩ	
- digital input		R _{in}	
Connection "5. In":		22 kΩ	
- digital input		R _{in}	

²⁾ Optional on request



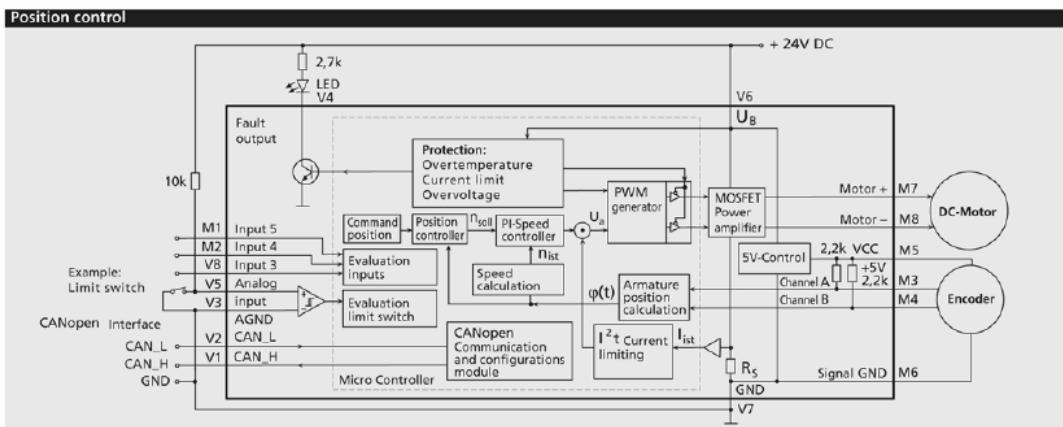
Connection Information				
Connection "Mot -", "Mot +":				
Motor connection	Mot - Mot +		Motor - Motor +	
PWM switching frequency		U_{out} f_{PWM}	0 ... U_B 78,12	V kHz
Connection "Ch A", "Ch B":				
Hall sensor input	CH A CH B		encoder channel A encoder channel B	
Integrated pullup resistance + 5V		R f	2,2 ≤ 400	k Ω kHz
Connection "SGND":				
Signal GND			signal ground	
Connection "+5V":				
Output voltage for external use ¹⁾		U_{out}	5	V DC
Load current		I_{out}	≤ 60	mA

¹⁾ E.g. encoder

D-SUB-connector information				
Connection D-SUB-connector:				
Pin 2	CAN_L		CAN-Low	
Pin 3	GND		Ground	
Pin 7	CAN_H		CAN-High	

Digital inputs general information				
- PLC, default				
	high		12,5 ... U_B	V
	low		0 ... 7	V
- TTL				
	high		3,5 ... U_B	V
	low		0 ... 0,5	V

The signal level (PLC or TTL) of the digital inputs can be set over the interface (see instruction manual).





Motion Controller

General description

The MCDC 3003/06 C is the perfect controller for the entire range of FAULHABER DC-Micromotors. In conjunction with the proven IE2-512 encoders, they are capable of achieving a positioning resolution of 0.18°. A special ballast circuit protects the electronics from over-voltage during braking in generator mode.

Maximum performance:

- **PI speed controller** with superior performance specifications in respect of synchronous operation and minimal torque fluctuations.
- **Speed profiles** such as e.g. ramp, triangular or trapezoidal movements. More complex profiles can also be implemented.
- **Positioning** with high resolution, including **limit switches and zero referencing**.
- **Operation as torque controller** through current regulation.
- **Extended operating modes:**
 - Stepper motor mode
 - Gearing mode (electronic gear)
 - Analogue positioning mode (position control with analogue voltage)
 - Voltage regulator mode
 - Analogue target current presetting
 - IxR control

Latest technology in micro format:

- High efficiency
- Power amplifier with very high PWM frequency
- Power MOSFETs with minimal on-resistance
- Unique thermal protection device determines MOSFET silicon temperature
- High-capacity 16 bit signal processor

Versatile communication:

- **Set-point input** for speed presetting. Processes analogue and PWM signals. The input can also be used for a frequency or reference mark signal.
- **Error output** (Open Collector). Can also be programmed as a rotational direction or reference mark input.
- **Additional digital inputs**
- **CANopen interface** for integration into a CAN network with transfer rates up to 1Mbit/s

Programming made easy

The MCDC 3003/06 C supports the CANopen communication profile according to DS301 V4.02 and DSP402 V2.0 in accordance with the CIA specification for slave devices with the following services:

- 1 Server SDO
- 3 Transmit PDOs, 3 Receive PDOs
- Static PDO Mapping
- NMT with Node Guarding
- Emergency Object

The transfer rate and node no. are set via the network in accordance with the LSS protocol according to DSP305 V1.11, and automatic baud rate detection is also implemented. In addition, all functions and parameters of the drive unit can be very easily activated via a special FAULHABER PDO channel. For each FAULHABER command a corresponding CAN message frame is available on the PDO channel, enabling the CAN unit to be operated analogously to the serial variant.

For Windows operating systems the **"FAULHABER Motion Manager"** software is available. This considerably simplifies operation and configuration and also enables graphic online analysis of the operating data.

Fields of application

The Motion Controller can be used in many different areas. Thanks to the highly flexible connection options, this device is suitable for a diverse range of applications, for example in decentralised systems of automation technology, as well as in pick-and-place machines and machine tools.

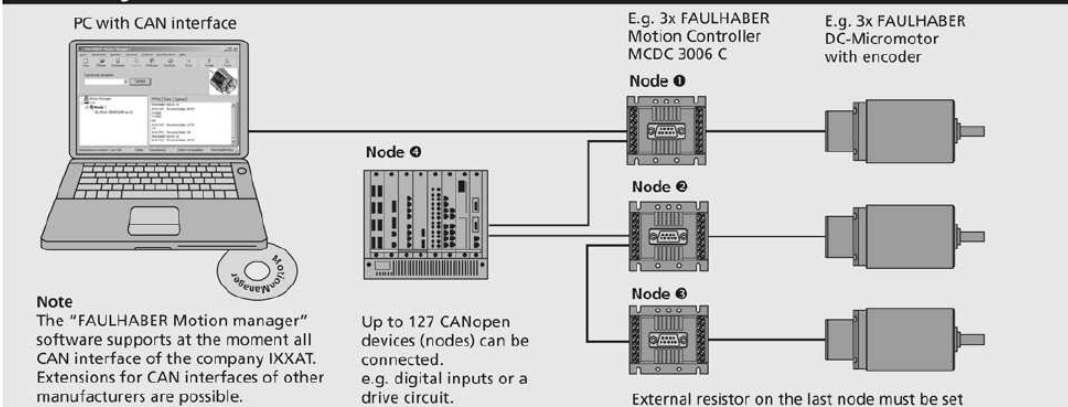
Options

- Adapter for IE2 or HEDL encoder
- Separate supply of motor and control electronics is optionally possible (important for safety-relevant applications); in this case the 3rd input is not required.
- Special preconfiguration of modes and parameters is possible on request.
- The **"FAULHABER Motion Manager"** software is available on request or on the Internet.

Note

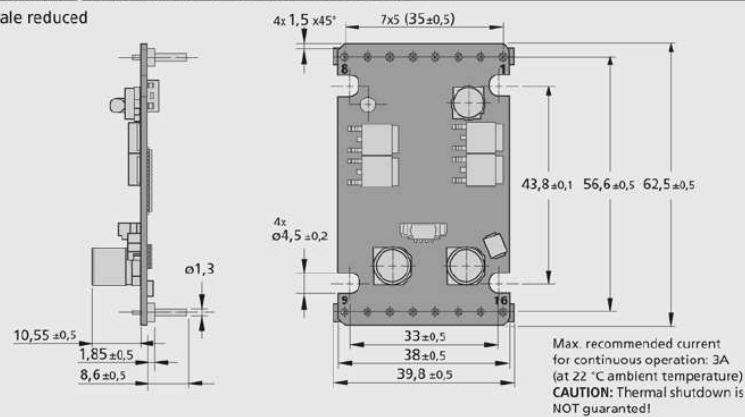
Detailed operating instructions on installation and commissioning are provided with the Motion Controller.

Connection diagram



Dimensional drawing and connection information MCDC 3003 C

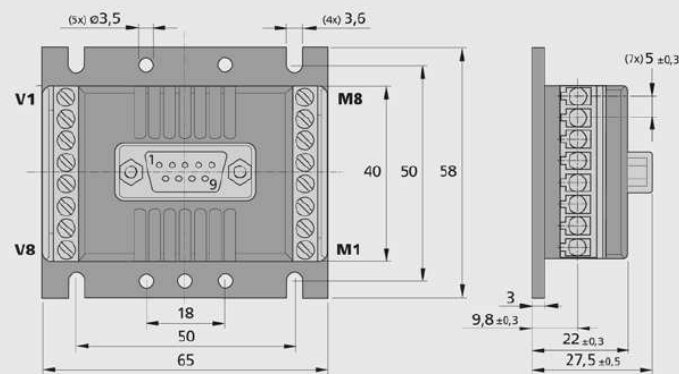

Scale reduced


Connection

Pin	Function
1	5. In
2	4. In
3	Ch A
4	Ch B
5	+ 5V
6	SGND
7	Mot +
8	Mot -
9	CAN_H
10	CAN_L
11	AGND
12	Fault
13	AnIn
14	+ 24V
15	GND
16	3. In

Dimensional drawing and connection information MCCD 3006 C


Scale reduced


Motor connection

No.	Function
M1	5. In
M2	4. In
M3	Ch A
M4	Ch B
M5	+ 5V
M6	SGND
M7	Mot +
M8	Mot -

Supply connection

No.	Function
V1	CAN_H
V2	CAN_L
V3	AGND
V4	Fault
V5	AnIn
V6	+ 24V
V7	GND
V8	3. In

AEAS-7000

Ultra-precision 16 bit Gray Code
Absolute Encoder Module

Data Sheet**Description**

The encoder IC consists of 13 signal photo diode channels and 1 monitor photo diode channel and is used for the optical reading of rotary carriers (i.e., discs). The photodiodes are accompanied with precision amplifiers plus additional circuitry.

The monitor channel is used to drive a constant current source for the highly collimated IR illumination system.

Functional Description**Background**

The 13 signal channels are set up as:

1. Two precision defining signals (A0, A09), which are two 90° electrical shifted sine, cosine signals. These signals are conditioned to be compensated for offset and gain errors. After conditioning they are on chip interpolated
2. 11 analog (A1-A11) channels which are directly digitized by precision comparators with hysteresis tracking. The digitized signals are called D1-D11.

An internal correction and synchronization module allows the composition of a true 16 bit Gray code by merging the data bits of (1) and (2) by still keeping the code monotonic.

There is a Gray code correction feature for this encoder. This Gray code correction can be disabled/enabled by the pin KORR.

The gain and offset conditioning value of the sine and cosine signals are preloaded on-chip by factory. This will compensate for mechanical sensor misalignment error.

Features

- Minimum mechanical alignment during installation
- Two Sine/Cosine true differential outputs with 1024 periods for unit alignment
- Integrated highly collimated illumination system
- 11 digital tracks plus 2 sin/cos tracks generate precise 16 bit Gray code
- Ultra fast, 1 μ s cycle for serial data output word equals 16 MHz
- On-chip interpolation and code correction
- MSB can be inverted for changing the counting direction
- Internally built-in monitor track for tracking the light level of the LED.
- Watch dog with alarm output
- -25°C to +85°C operating temperature

Applications

- Rotary application up to 16 bit/360° absolute position
- Linear positioning system
- Cost effective solution for direct integration into OEM systems

Signal-Channels A1-A11

The photocurrent of the photo diodes is fed into a trans-impedance amplifier. The analog output of the amplifier has a voltage swing of (dark/light) about 1.3 V. Every output is transformed by precision comparators into digital signals (D1-D11). The threshold is at $V_{DD}/2$ (=Analog-reference), regulated by the monitor channel.

Monitor Channel with LED Control at Pins LEDR and LERR

The analog output signal of the monitor channel is regulated by the LED current. An internal bipolar transistor sets this level to $V_{DD}/2$ (control voltage at pin LEDR). Thus the signal swing of each output is symmetrical to $V_{DD}/2$ (=Analog-reference)

The error bit at pin LERR is triggered if the V_e of the internal bipolar transistor is larger than $V_{DD}/2$.

Signals Channels A0, A09 with Signal Conditioning and Calibration

These two channels give out a sine and cosine wave, which are 90 degree phase shifted. These signals have amplitudes which are almost constant due to the LED current monitoring. Due to amplifier mismatch and mechanical misalignment, the signals have gain and offset errors. These errors are eliminated by an adaptive signal conditioning circuitry. The conditioning values are on-chip preprogrammed by factory. The analog output signals of A0 and A09 are supplied as true-differential voltage with a peak to peak value of 2.0 V at the pins A09P, A09N, A0P, A0N.

Interpolator for Channels A0,A09

The interpolator generates the digital signals D0,D09 and D-1 to D-4. The interpolated signals D-1 to D-4 extend the 12 bit Gray code of the signals D11....D0 to form a 16 bit Gray code.

D0 and D09 are digitized from A0 and A09. The channels A0-A11 and A09 have very high dynamic bandwidth, which allows a real time monotone 12 bit Gray code at 12000 RPM.

The interpolated 16 bit Gray code can be used up to 1000 RPM only. At more than 1000 RPM, only the 12 bit Gray code from the MSB side can be used.

LSB Gray Code Correction (Pin KORR)

This function block synchronizes the switching points for the 11 bit Gray code of the digital signals D1 to D11 with D0 and D09 (digitized signal of A0 and A09).

This Gray code correction only works for the 12 bit MSB(4096 steps per revolution).

The correction is not for the 4 excess interpolated bits of the 16 bit Gray code.

Gray code correction can be switched on or off by putting the pin KORR=1(on) or =0(off).

MSBINV and DOUT Pins

The serial interface consists of a shift register. The most significant bit, MSB (D11) will always be sent first to DOUT. The MSB can be inverted (change code direction) by using pin MSBINV.

DIN and NSL Pins

The serial input DIN allows the configuration as ring register for multiple transmissions or for cascading 2 or more encoders. DIN is the input of the shift register that shifts the data to DOUT.

The NSL pin controls the shift register, to switch it between load (1) or shift (0) mode. Under load mode, DOUT will give the logic of the MSB, i.e., D11.

Under shift mode (0), coupled with the SCL, the register will be clocked, and gives out the serial word output bit by bit. As the clock frequency can be up to 16 MHz, the transmission of the full 16 bit word can be done within 1 μ s.

Valid data of DOUT should be read when the SCL clock is low. Please refer to timing diagram (Figure 3).

Absolute Maximum Ratings ^{1, 2}

Parameter	Symbol	Limits	Units
DC Supply Voltage	VD	-0.3 to + 6.0	V
Input Voltage	V _{in}	-0.3 to +VD +0.3	V
Output Voltage	V _{out}	-0.3 to +VD +0.3	V
Relative Air Humidity (non-condensing)	RH	85	%
Operating Temperature	T _A	- 25 to +85	°C
Storage Temperature	T _S	- 35 to +85	°C

Notes:

- Stresses greater than those listed under Absolute Maximum Ratings may cause permanent damage to the device. This is stress rating only and functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operational sections of this specification is not implied.
- Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect reliability.

Recommended Operating Condition

Parameter	Symbol	Values			Units	Notes
		Min.	Typ.	Max.		
DC Supply Voltage	VD	+ 4.5	+ 5.0	+5.5	V	1
Operating Temperature	T _A	- 25	25	+85	°C	
Input High Level	V _{IH}	0.7*VD		VD	V	
Input Low Level	V _{LI}	0		0.3*VD	V	

Notes:

- Voltage ripple of supply voltage, V_{ripple}, should be within 100mVpp or less for improved accuracy.

Electrical Characteristics

Electrical Characteristics over Recommended Operating Range, typical at TA=25 °C and VD = 5V

Parameter	Symbol	Condition	Values			Units
			Min	Typical	Max	
Total Operating Current	I _{total}			25		mA
Digital Input-Pull Down Current	I _{pd}		-20		-5	μA
Digital Input-Pull Up Current	I _{pu}		30		160	μA
Digital Output-H-Level	V _{OH}	I _{OH} = 2 mA	VD -0.5 V		VD	V
Digital Output-L-Level	V _{OL}	I _{OL} = - 2 mA	0		0.5	V
SCL Clock Frequency	f _{SCL}				16	MHz
Duty Cycle SCL Clock	T _{LH}	T _{LH} = H/(L+H)	0.4		0.6	
Accuracy within one revolution ^{1, 2, 3}		f _{SCL} = 5MHz RPM = 80 V _{ripple} < 50mVpp		±2 bit		
Signal frequency of A0, A09	f _{A0} , f _{A09}				250	kHz

Notes:

- LSB accuracy will also depend on mechanical precision of the shaft, bearings, hub etc.
Final accuracy of the encoder module is dependent on the precision of the total assembly.
- Accuracy would be influenced by installation control and the bearing and shaft type being used.
- Other test conditions to determine accuracy are briefly listed as follows:
 - At nominal radial, tangential and gap position
 - On dual preloaded bearing with absolute assembly total runout of not exceeding 0.01 mm TIR
 - Both VDD & VDDA RC filters placed not more than 20mm from header pins

Pin Description

No.	Pin Name	Description	Function	Notes1
1	NC		Do not use. Internally connected to cathode of LED	
2	KORR	Digital-input	1 = Gray Code Correction Active	CMOS, internal pu
3	PROBE_ON	Digital-Input	Do not use	CMOS, internal pd
4	PCL	Digital Input Positive edge	Do not use	CMOS, internal pu
5	STCAL	Digital Input Positive edge Negative edge	Do not use unnecessarily	CMOS, internal pd
6	MSBINV	Digital-Input	1 = Most Significant Bit, MSB, inverted	CMOS, internal pd
7	DIN	Digital Input	Shift Register Input. Use for cascading only.	CMOS, internal pd
8	NSL	Digital-Input	Shift-register Shift (=0) / Load(=1) Control	CMOS, internal pu
9	SCL	Digital-Input Positive Edge	Shift-register Clock	CMOS, internal pu
10	DOUT	Digital Output	Shift-Register Data Out (MSB first)	CMOSS, 2mA
11	DO	Digital Output	DO signal	CMOS, 2mA
12	DPROBE	Digital Output	DO9 signal	CMOS, 2mA
13	VDD	Supply Voltage	+5V Supply Digital	
14	GND	Ground for supply voltage	GND for 5V supply analog/digital	
15	A09P	Analog Output	A09 positive(+True diff.)	CMOS, analog out
16	GND	Ground for supply voltage	GND for 5V supply analog/digital	
17	A0P	Analog Output	A0 positive(+True diff.)	CMOS, analog out
18	A09N	Analog Output	A09 negative(-True diff.)	CMOS, analog out
19	VDDA	Supply Voltage	+5V Supply Analog	
20	A0N	Analog Output	A0 negative (- True dif)	CMOS, analog out
21	LERR	Digital Output	IR-LED Current Limit Signal	CMOS, 2mA
22	LEDR	Analog Output	Do not use	CMOS, analog out

Notes:

1. Internal pu/pd = internal pull-up (typ. 50 μ A)/ pull-down (typ. 10 μ A) CMOS-transistor-Rs

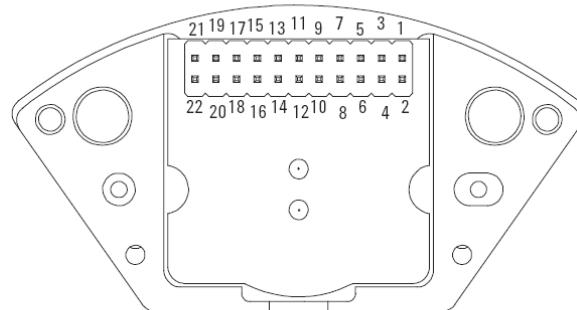


Figure 2. Pinout Configuration

ESD WARNING: HANDLING PRECAUTIONS SHOULD BE TAKEN TO AVOID STATIC DISCHARGE.

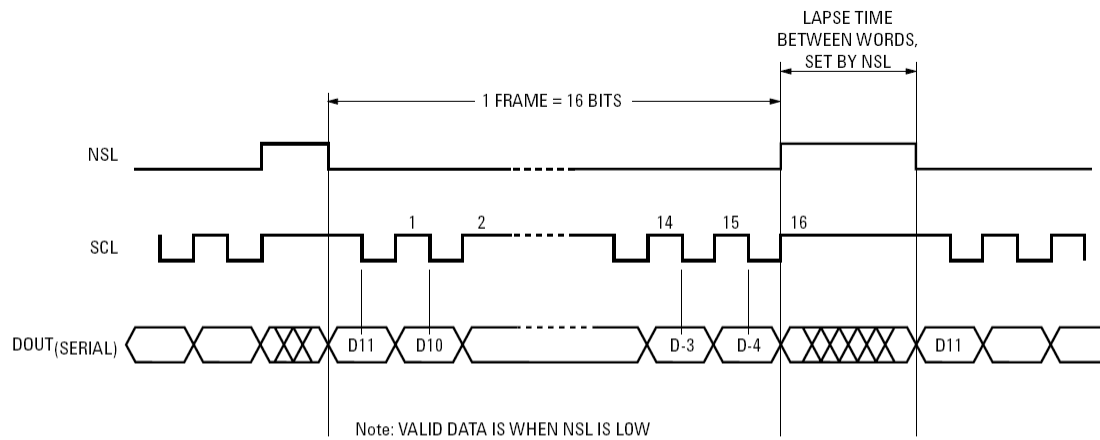


Figure 3. Timing Diagram

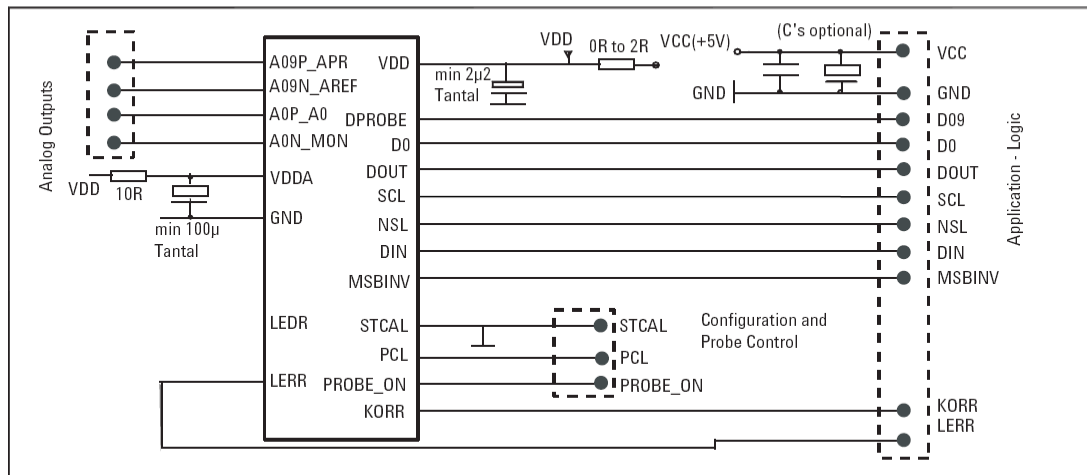


Figure 4. Schematic for using AEAS-7000

Using the AEAS-7000

IMPORTANT NOTE:

The RC-filter combination, especially on VDDA, is used to filter spikes and transients and is strongly recommended. It is advised that the tantalum caps be put as close to the VDD and VDDA pins as possible.

It is recommended to ground the PROBE_ON pin during normal operation.

Leave PCL unconnected.

A09N and A0N are the negative cosine and sine waves, the negative versions of A09P and A0P.

D0 is used to check the D0 signal. D0 is the digitized signal of A0. DPROBE is used to check D09, the digitized signal of A09. Recommended to be used for testing purpose only.

KORR is for Gray Code correction for 12 bits resolution only.

MSBINV is for user to change between counting up and counting down for a given rotating direction. MSB(D11) will always be sent out to DOUT first.

LED, do not connect to this pin.

LERR will be high when the light output perceived by the photo diode array is low, and the LED current is under overdrive mode. This is an indicator when light intensity is at a critical stage affecting the performance of the encoder.

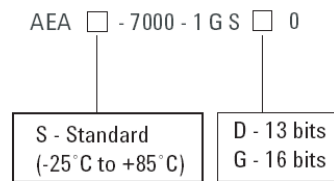
It is caused by contamination of the codewheel or LED degradation.

Ordering Information

AEAS-7000-1GSD0	Single-turn, -25 to +85°C, detached encoder set, 5V, serial, 13 bit
AEAS-7000-1GSG0	Single-turn, -25 to +85°C, detached encoder set, 5V, serial, 16 bit
HEDS-8933	Mechanical Alignment Tool for AEAS-7000

Note:

For alignment process, please refer to Avago Technologies website (www.avagotech.com) for application note or contact factory.



Legend

1 = 5V

G = Gray code

S = serial output mode

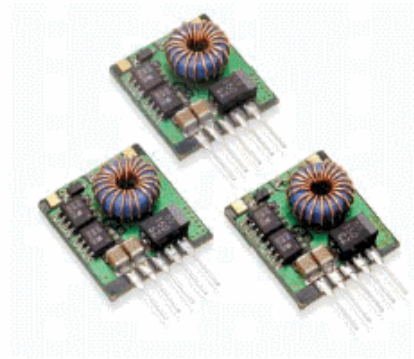
**TRACO
POWER**

DC/DC Converter

TSI-10N Series 10 Watt

Features

- Step-down Switching Regulator with very high Efficiency
- Adjustable Output 1.8 – 3.3 VDC or 3.0 – 5.0 VDC
- Remote ON/OFF
- Overload Protection
- Low Output Noise
- Standby Current only 100 µA
- Small SIL-Package
- 2 Year Product Warranty



This new generation of step-down converters provides designers with a cost-effective solution for converting a 5, 12 or 24 VDC voltage. To achieve highest efficiency, these dc/dc converters are using newest technologies, as amorphous ferrite, solid aluminum capacitors and a synchronous commutation IC. A very high efficiency allows operation without additional heatsink. This product finds many applications in distributed powersystems where a voltage conversion at the point of load is an required.

Models				
Ordercode	Input voltage range	Output voltage	Output current max.	Efficiency typ.
TSI 10N-0510	4.75 – 13.6 VDC	* + 3.3 VDC	2000 mA	92.0 %
TSI 10N-1211	6.0 – 16.5 VDC	** + 5 VDC	2000 mA	93.0 %
TSI 10N-2410 TSI 10N-2411	16.0 – 28.0 VDC	* + 3.3 VDC ** + 5 VDC	2000 mA 2000 mA	83.0 % 85.0 %

* Output adjustable 1.8 to 3.3 VDC

** Output adjustable 3.0 to 5.0 VDC

**DC/DC Converter**

TSI-10N Series 10 Watt

Input Specifications

Input current (no load / full load)	TSI 10N-0510 TSI 10N-1211 TSI 10N-2410 TSI 10N-2411	21mA / 1435 mA typ. 27 mA / 895 mA typ. 45 mA / 330 mA typ. 45 mA / 485 mA typ.
--	--	--

Surge voltage (1 sec max.)	5 Vin models 12 Vin models 24 Vin models	16 V max. 25 V max. 30 V max.
----------------------------	--	-------------------------------------

Stand-by current		100 μ A typ.
------------------	--	------------------

Output Specifications

Voltage adjustment	TSI 10N-0510 & TSI 10N-2410 TSI 10N-1211 & TSI 10N-2411	+1.8 VDC to +3.3 VDC +3.0 VDC to +5.0 VDC
--------------------	--	--

Regulation	– Input variation – Load variation 10 – 100 %	\pm 0.5 % < 1.5 %
------------	--	------------------------

Ripple and noise (20 MHz Bandwidth)		50 mVpk-pk max. (with 2.2 μ F capacitor on output)
-------------------------------------	--	--

Transient response time (50% Load change)		100 μ sec typ.
---	--	--------------------

Temperature coefficient		\pm 0.02 % / °C
-------------------------	--	-------------------

Short circuit protection		Indefinite foldback
--------------------------	--	---------------------

Remote ON/OFF control	ON=Pin 1 (ON/OFF Pin) to pin 3 (GND) open (3 – 5 VDC) OFF=Pin 1 (ON/OFF Pin) to pin 3 (GND) short (– 0.3 – 1.2 VDC)	
-----------------------	--	--

General Specifications

Temperature ranges	– Operating – Storage	– 25 °C ... + 70 °C – 25 °C ... +125 °C
--------------------	--------------------------	--

Humidity (non condensing)		95 % rel H max.
---------------------------	--	-----------------

Reliability, calculated MTBF (MIL-HDBK-217 E)		> 1'500'000 h @ 25 °C
---	--	-----------------------

Isolation Input/Output		none
------------------------	--	------

Switching frequency		300 kHz typ. (PWM modulation)
---------------------	--	-------------------------------

Physical Specifications

Vibration (IEC 60068-3-6)		5 to 10 Hz amplitude 10 mm pk-pk 10 to 55 Hz acceleration 2 G
---------------------------	--	--

Shock (IEC 6068-2-27)		acceleration 20 G max. time 11 ms
-----------------------	--	-----------------------------------

Package weight		4 g (0.14 oz)
----------------	--	---------------

Soldering temperature		235°C max. / 10 sec.
-----------------------	--	----------------------

All specifications valid at nominal input voltage, full load and +25°C after warm-up time unless otherwise stated.

www.tracopower.com

Page 2



Outline Dimensions mm (inches)



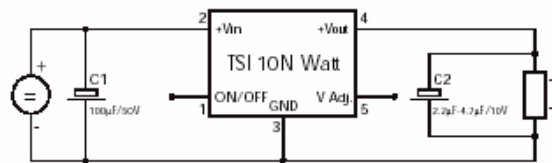
Pin-Out	
Pin	SIP
1	Remote on/off
2	+V Input (Vcc)
3	-V Input (GND) -V Output
4	+V Output
5	V Output adj.

www.tracopower.com

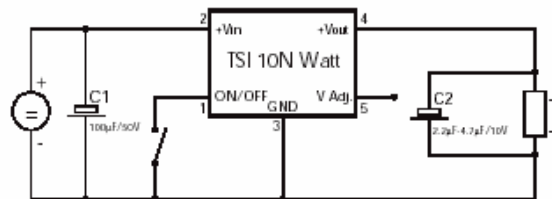
Eva Romero Torres

Connections

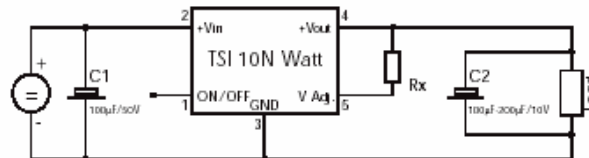
Normal Connection (Standard)



Remote ON/OFF Connection



Output Voltage Adjustment Connection



$$R_x = \frac{R1 \cdot 1200 \cdot (V_{out} - 1.195)}{R1 \cdot 1.195 - 1200 \cdot (V_{out} - 1.195)}$$

TSI 10N-xx10 ==> R1 = 2130 Ohm
 Output Voltage (Vout) = 1.8 - 3.3VDC

TSI 10N-xx11 ==> R1 = 3840 Ohm
 Output Voltage (Vout) = 3.0 - 5.0VDC

Vout = adjusted output voltage

Specifications can be changed without notice

TRACO
ELECTRONIC AG

Jenatschstrasse 1 • CH-8002 Zurich • Switzerland

Tel. +41-1284 2911 • Fax +41-1201 1168 • e-mail: sales@traco.ch • Internet: <http://www.tracopower.com>

Rev. 07/01

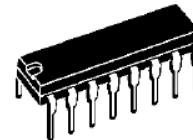
Page 4

50V - 1.5A QUAD DARLINGTON SWITCHES

- OUTPUT CURRENT TO 1.5 A EACH DARLINGTON
- MINIMUM BREAKDOWN 50 V
- SUSTAINING VOLTAGE AT LEAST 35 V
- INTEGRAL SUPPRESSION DIODES (ULN2064B, ULN2066B, ULN2068B and ULN2070B)
- ISOLATED DARLINGTON PINOUT (ULN2074B, ULN2076B)
- VERSIONS COMPATIBLE WITH ALL POPULAR LOGIC FAMILIES

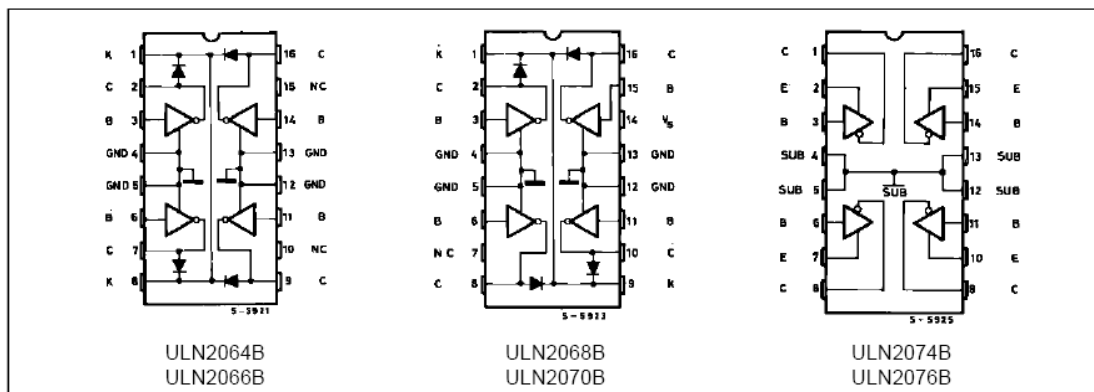
DESCRIPTION

Designed to interface logic to a wide variety of high current, high voltage loads, these devices each contain four NPN darlington switches delivering up to 1.5 A with a specified minimum breakdown of 50 V and a sustaining voltage of 35 V measured at 100 mA. The ULN2064B, ULN2066B, ULN2068B and ULN2070B contain integral suppression diodes for inductive loads have common emitters. The ULN2074B and ULN2076B feature isolated darlington pinouts and are intended for applications such as emitter follower configurations. Inputs of the ULN2064B, ULN2068B and ULN2074B are compatible with popular 5 V logic families and the ULN2066B and ULN2076B are compatible with 6-15 V CMOS and PMOS. Types ULN2068B and ULN2070B include a predriver stage to reduce loading on the control logic.



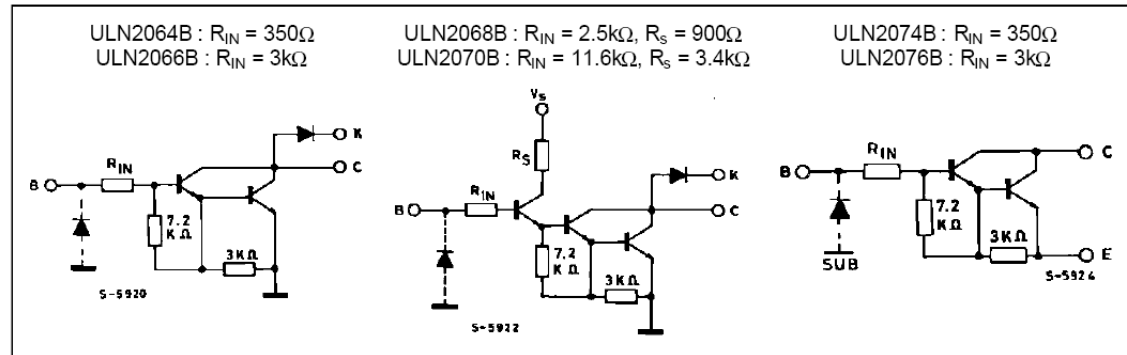
POWERDIP
12 + 2 + 2

PIN CONNECTIONS AND ORDER CODES



ULN2064B-ULN2066B-ULN2068B-ULN2070B-ULN2074B-ULN2076B

SCHEMATIC DIAGRAM



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_{CEX}	Output Voltage	50	V
$V_{CE(sus)}$	Output Sustaining Voltage	35	V
I_O	Output Current	1.75	A
V_I	Input Voltage	for ULN2066B – 2070B - 2074B - 2076B for ULN2064B – 2068B	30 15 V V
I_I	Input Current	25	mA
V_S	Supply Voltage	for ULN2068B for ULN2070B	10 20 V V
P_{tot}	Power Dissipation	at $T_{pins} = 90^\circ C$ at $T_{amb} = 70^\circ C$	4.3 1 W W
T_{amb}	Operating Ambient Temperature Range	- 20 to 85	$^\circ C$
T_{stg}	Storage Temperature	- 55 to 150	$^\circ C$

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_{amb} = 25^\circ C$ unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit	Fig.
I_{CEX}	Output Leakage Current	$V_{CE} = 50V$ $T_{amb} = 25^\circ C$ $T_{amb} = 70^\circ C$			100 500	μA μA	1
$V_{CE(sus)}$	Collector-emitter Sustaining Voltage	$I_C = 100mA$, $V_I = 0.4V$	35			V	2
$V_{CE(sat)}$	Collector-emitter Saturation Voltage	$I_C = 500mA$ $I_B = 625\mu A$ $I_C = 750mA$ $I_B = 935\mu A$ $I_C = 1A$ $I_B = 1.25mA$ $I_C = 1.25A$ $I_B = 2mA$			1.1 1.2 1.3 1.4	V V V V	3 3 3 3
$I_{I(on)}$	Input Current	for ULN2064B and ULN2074B $V_I = 2.4V$ $V_I = 3.75V$ for ULN2066B and ULN2076B $V_I = 5V$ $V_I = 12V$ for ULN2068B $V_I = 2.75V$ $V_I = 3.75V$ for ULN2070B $V_I = 5V$ $V_I = 12V$	1.4 3.3 0.6 1.7		4.3 9.6 1.8 5.2 0.55 1.0 0.4 1.25	mA mA mA mA mA mA mA mA	4 4 4 4 4 4 4 4

ULN2064B-ULN2066B-ULN2068B-ULN2070B-ULN2074B-ULN2076B

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_{amb} = 25^{\circ}\text{C}$ unless otherwise specified) (continued)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit	Fig.
$V_{I(on)}$	Input Voltage	$V_{CE} = 2\text{V}, I_C = 1\text{A}$ ULN2064B, ULN2074B			2	V	5
		ULN2066B, ULN2076B			6.5	V	5
		$V_{CE} = 2\text{V}, I_C = 1.5\text{A}$ ULN2064B, ULN2074B			2.5	V	5
		ULN2066B, ULN2076B			10	V	5
		ULN2068B			2.75	V	5
I_S	Supply Current	for ULN2068B $I_C = 500\text{mA}, V_I = 2.75\text{V}$			6	mA	8
		for ULN2070B $I_C = 500\text{mA}, V_I = 5\text{V}$			4.5	mA	8
t_{PLH}	Turn-on Delay Time	$0.5 V_I$ to $0.5 V_O$			1	μs	
t_{PHL}	Turn-off Delay Time	$0.5 V_I$ to $0.5 V_O$			1.5	μs	
I_R	Clamp Diode Leakage Current	for ULN2064B-ULN2066B and ULN2068B-ULN2070B $V_R = 50\text{V}$ $T_{amb} = 25^{\circ}\text{C}$ $T_{amb} = 70^{\circ}\text{C}$			50 100	μA μA	6
V_F	Clamp Diode Forward Voltage	for ULN2064B-ULN2066B and ULN2068B-ULN2070B $I_F = 1\text{A}$ $I_F = 1.5\text{A}$			1.75 2	V V	7

Notes : 1. Input voltage is with reference to the substrate (no connection to any other pins) for the ULN2074B and ULN2076B reference is ground for all other types.
2. Input current may be limited by maximum allowable input voltage.

TEST CIRCUITS

Figure 1.

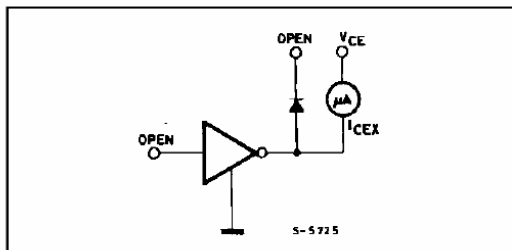


Figure 2.

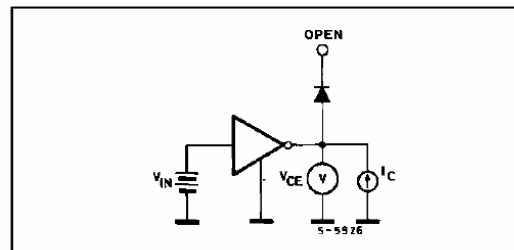


Figure 3.

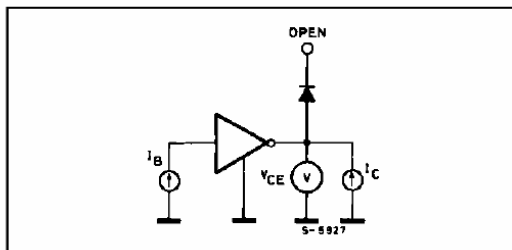
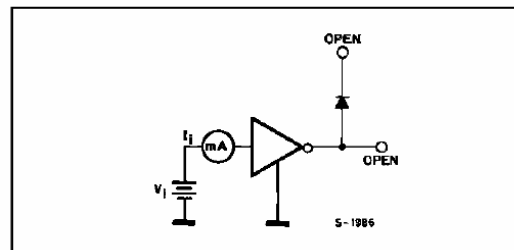


Figure 4.



ULN2064B-ULN2066B-ULN2068B-ULN2070B-ULN2074B-ULN2076B

Figure 5.

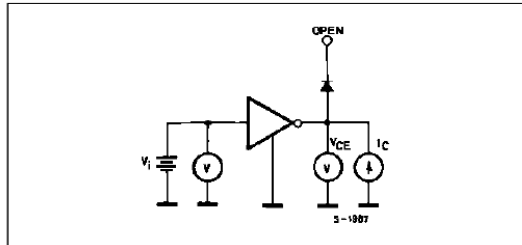


Figure 6.

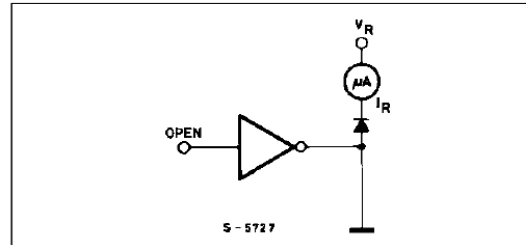


Figure 7.

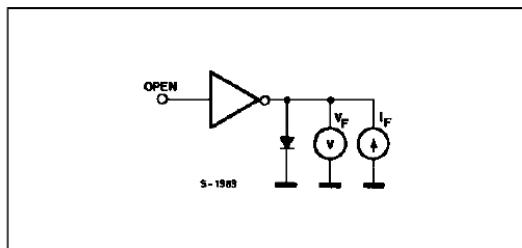


Figure 8.

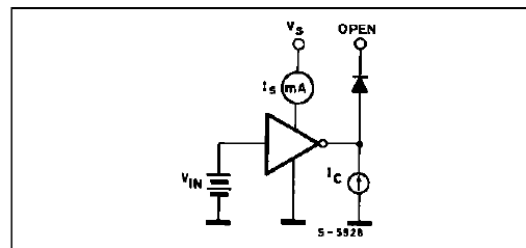


Figure 9 : Input Current as a Function of Input Voltage.

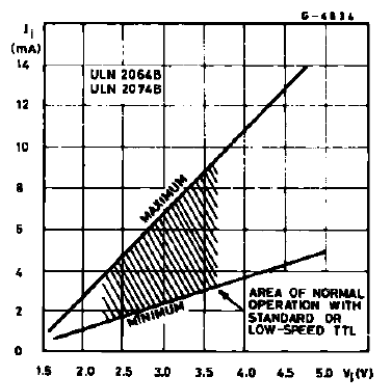


Figure 10 : Input Current as a Function of Input Voltage.

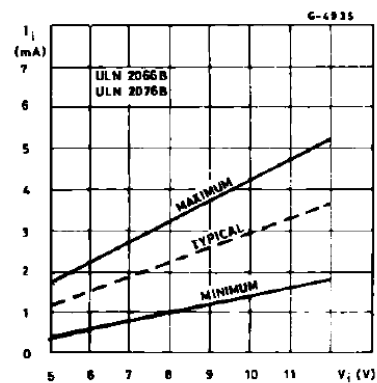
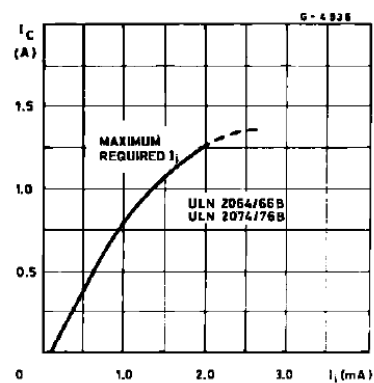


Figure 11 : Collector Current as a Function of Input Current.



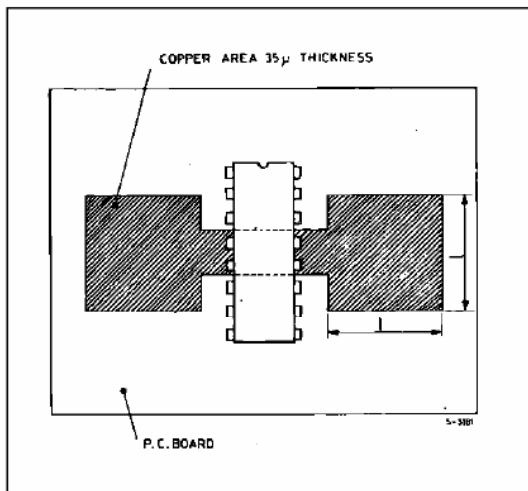
ULN2064B-ULN2066B-ULN2068B-ULN2070B-ULN2074B-ULN2076B

MOUNTING INSTRUCTIONS

The $R_{th j-amb}$ can be reduced by soldering the GND pins to a suitable copper area of the printed circuit board (Fig. 12) or to an external heatsink (Fig. 13).

The diagram of Figure 14 shows the maximum dissipable power P_{tot} and the $R_{th j-amb}$ as a function of the side "α" of two equal square copper areas having a thickness of $35\ \mu$ (1.4 mils).

Figure 12 : Example of P.C. Board Area which is Used as Heatsink.



During soldering the pins temperature must not exceed $260\ ^\circ\text{C}$ and the soldering time must not be longer than 12 seconds.

The external heatsink or printed circuit copper area must be connected to electrical ground.

Figure 13 : External Heatsink Mounting Example.

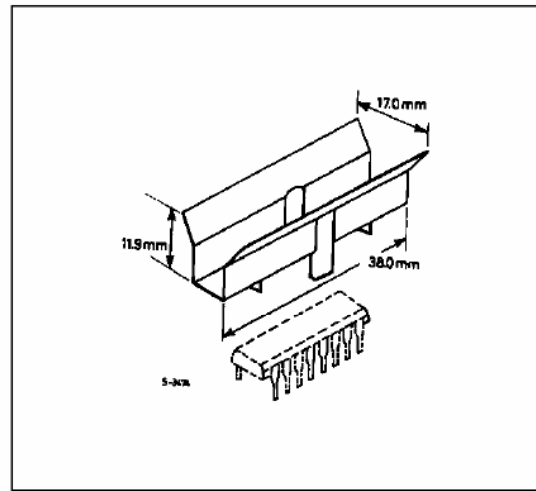


Figure 14 : Maximum Dissipable Power and Junction to Ambient Thermal Resistance vs. Side "α".

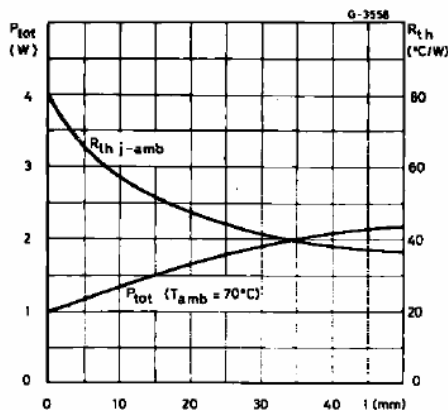
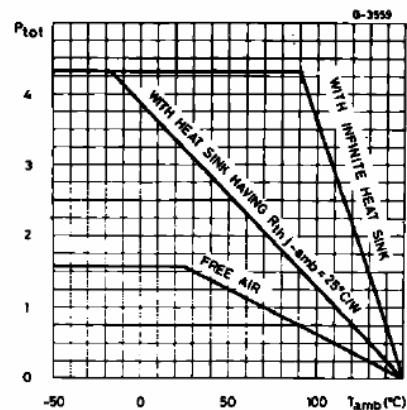


Figure 15 : Maximum Allowable Power Dissipation vs. Ambient Temperature.



ULN2064B-ULN2066B-ULN2068B-ULN2070B-ULN2074B-ULN2076B

TYPICAL APPLICATIONS

Figure 16 : Common-anode LED Drivers.

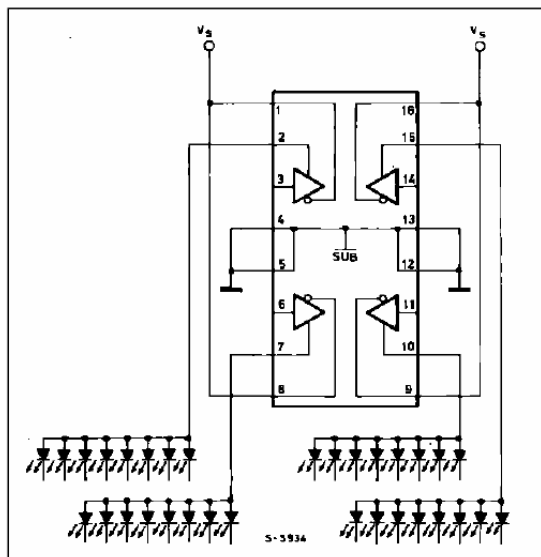
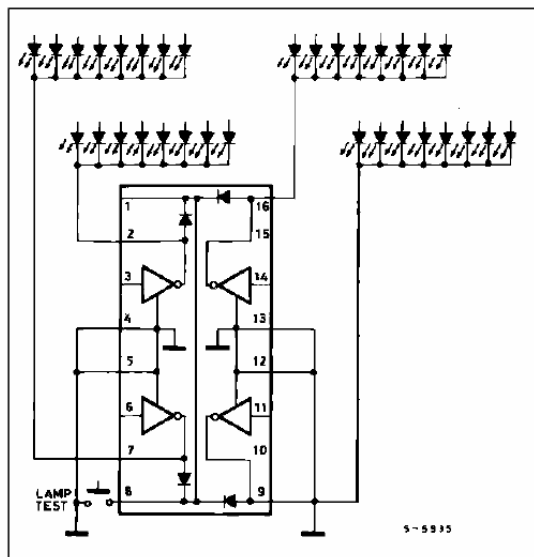


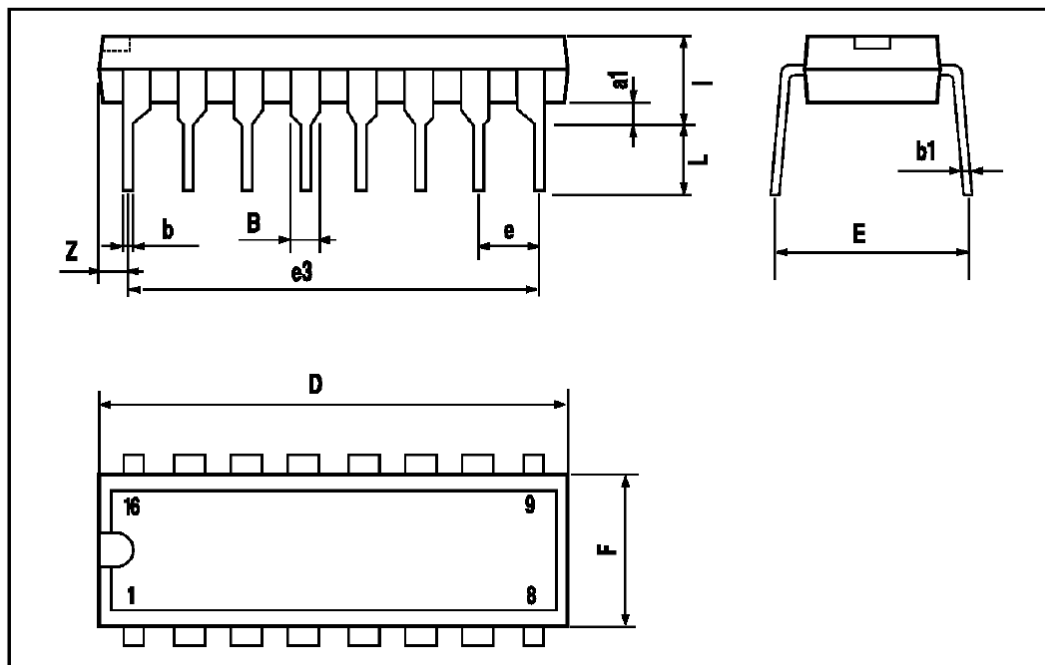
Figure 17 : Common-cathode LED Drivers.



ULN2064B-ULN2066B-ULN2068B-ULN2070B-ULN2074B-ULN2076B

POWERDIP 16 PACKAGE MECHANICAL DATA

DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
a1	0.51			0.020		
B	0.85		1.40	0.033		0.055
b		0.50			0.020	
b1	0.38		0.50	0.015		0.020
D			20.0			0.787
E		8.80			0.346	
e		2.54			0.100	
e3		17.78			0.700	
F			7.10			0.280
I			5.10			0.201
L		3.30			0.130	
Z			1.27			0.050





SMBJ5.0 thru 188CA

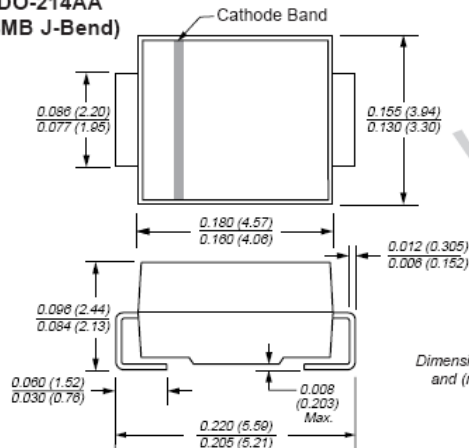
Vishay Semiconductors
formerly General Semiconductor



Surface Mount TRANSZORB® Transient Voltage Suppressors

Stand-off Voltage 5.0 to 188V
Peak Pulse Power 600W

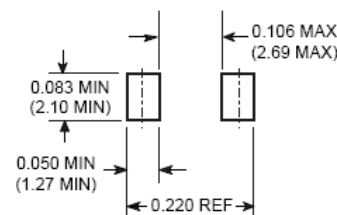
DO-214AA
(SMB J-Bend)



Dimensions in inches
and (millimeters)

Extended
Voltage Range

Mounting Pad Layout



Features

- Underwriters Laboratory Recognition under UL standard for safety 497B: Isolated Loop Circuit Protection
- Low profile package with built-in strain relief for surface mounted applications
- Glass passivated junction
- Low incremental surge resistance, excellent clamping capability
- 600W peak pulse power capability with a 10/1000µs waveform, repetition rate (duty cycle): 0.01%
- Very fast response time
- High temperature soldering guaranteed:
250°C/10 seconds at terminals

Mechanical Data

Case: JEDEC DO-214AA molded plastic over passivated junction

Terminals: Solder plated, solderable per MIL-STD-750, Method 2026

Polarity: For unidirectional types the band denotes the cathode, which is positive with respect to the anode under normal TVS operation

Weight: 0.003 oz., 0.093 g

Flammability: Epoxy is rated UL 94V-0

Packaging Codes – Options (Antistatic):

51 – 2K per Bulk box, 20K/carton

52 – 750 per 7" plastic Reel (12mm tape), 15K/carton

5B – 3.2K per 13" plastic Reel (12mm tape), 32K/carton

Devices for Bidirectional Applications

For bi-directional devices, use suffix C or CA (e.g. SMBJ10C, SMBJ10CA). Electrical characteristics apply in both directions.

Maximum Ratings & Thermal Characteristics

Ratings at 25°C ambient temperature unless otherwise specified.

Parameter	Symbol	Value	Unit
Peak pulse power dissipation with a 10/1000µs waveform ⁽¹⁾⁽²⁾ (Fig. 1)	PPPM	Minimum 600	W
Peak pulse current with a 10/1000µs waveform ⁽¹⁾	IPPM	See Table Below	A
Peak forward surge current 8.3ms single half sine-wave uni-directional only ⁽²⁾	IFSM	100	A
Typical thermal resistance, junction to ambient ⁽⁴⁾	R _{θJA}	100	°C/W
Typical thermal resistance, junction to lead	R _{θJL}	20	°C/W
Operating junction and storage temperature range	T _J , T _{STG}	–55 to +150	°C

Notes: (1) Non-repetitive current pulse, per Fig.3 and derated above T_A = 25°C per Fig. 2

(2) Mounted on 0.2 x 0.2" (5.0 x 5.0mm) copper pads to each terminal

(3) Mounted on minimum recommended pad layout

SMBJ5.0 thru 188CA

Vishay Semiconductors
formerly General Semiconductor


Electrical Characteristics Ratings at 25°C ambient temperature unless otherwise specified. VF = 3.5V at IF = 50A (uni-directional only)

Device Type Modified "J" Bend Lead	Device Marking Code		Breakdown Voltage V _(BR) at I _T ⁽¹⁾ (V)		Test Current I _T (mA)	Stand-off Voltage V _{WM} (V)	Maximum Reverse Leakage at V _{WM} I ₀ (μA) ⁽³⁾	Maximum Peak Pulse Surge Current I _{PPM} (A) ⁽²⁾	Maximum Clamping Voltage at I _{PPM} V _C (V)
	UNI	BI	Min	Max					
+SMBJ5.0	KD	KD	6.40	7.82	10	5.0	800	62.5	9.6
+SMBJ5.0A ⁽⁵⁾	KE	KE	6.40	7.07	10	5.0	800	65.2	9.2
+SMBJ6.0	KF	KF	6.67	8.15	10	6.0	800	52.6	11.4
+SMBJ6.0A	KG	KG	6.67	7.37	10	6.0	800	58.3	10.3
+SMBJ6.5	KH	AH	7.22	8.82	10	6.5	500	48.8	12.3
+SMBJ6.5A	KK	AK	7.22	7.98	10	6.5	500	53.6	11.2
+SMBJ7.0	KL	KL	7.78	9.51	10	7.0	200	45.1	13.3
+SMBJ7.0A	KM	KM	7.78	8.60	10	7.0	200	50.0	12.0
+SMBJ7.5	KN	AN	8.33	10.2	1.0	7.5	100	42.0	14.3
+SMBJ7.5A	KP	AP	8.33	9.21	1.0	7.5	100	46.5	12.9
+SMBJ8.0	KQ	AQ	8.89	10.9	1.0	8.0	50	40.0	15.0
+SMBJ8.0A	KR	AR	8.89	9.83	1.0	8.0	50	44.1	13.6
+SMBJ8.5	KS	AS	9.44	11.5	1.0	8.5	20	37.7	15.9
+SMBJ8.5A	KT	AT	9.44	10.4	1.0	8.5	20	41.7	14.4
+SMBJ9.0	KU	AU	10.0	12.2	1.0	9.0	10	35.5	16.9
+SMBJ9.0A	KV	AV	10.0	11.1	1.0	9.0	10	39.0	15.4
+SMBJ10	KW	AW	11.1	13.6	1.0	10	5.0	31.9	18.8
+SMBJ10A	KX	AX	11.1	12.3	1.0	10	5.0	35.3	17.0
+SMBJ11	KY	KY	12.2	14.9	1.0	11	5.0	29.9	20.1
+SMBJ11A	KZ	KZ	12.2	13.5	1.0	11	5.0	33.0	18.2
+SMBJ12	LD	BD	13.3	16.3	1.0	12	5.0	27.3	22.0
+SMBJ12A	LE	BE	13.3	14.7	1.0	12	5.0	30.2	19.9
+SMBJ13	LF	LF	14.4	17.6	1.0	13	1.0	25.2	23.8
+SMBJ13A	LG	LG	14.4	15.9	1.0	13	1.0	27.9	21.5
+SMBJ14	LH	BH	15.6	19.1	1.0	14	1.0	23.3	25.8
+SMBJ14A	LK	BK	15.6	17.2	1.0	14	1.0	25.9	23.2
+SMBJ15	LL	BL	16.7	20.4	1.0	15	1.0	22.3	26.9
+SMBJ15A	LM	BM	16.7	18.5	1.0	15	1.0	24.6	24.4
+SMBJ16	LN	LN	17.8	21.8	1.0	16	1.0	20.8	28.8
+SMBJ16A	LP	LM	17.8	19.7	1.0	16	1.0	23.1	26.0
+SMBJ17	LQ	LQ	18.9	23.1	1.0	17	1.0	19.7	30.5
+SMBJ17A	LR	LR	18.9	20.9	1.0	17	1.0	21.7	27.6
+SMBJ18	LS	BS	20.0	24.4	1.0	18	1.0	18.6	32.2
+SMBJ18A	LT	BT	20.0	22.1	1.0	18	1.0	20.5	29.2
+SMBJ20	LU	LU	22.2	27.1	1.0	20	1.0	16.8	35.8
+SMBJ20A	LV	LV	22.2	24.5	1.0	20	1.0	18.5	32.4
+SMBJ22	LW	BW	24.4	29.8	1.0	22	1.0	15.2	39.4
+SMBJ22A	LX	BX	24.4	26.9	1.0	22	1.0	16.9	35.5
+SMBJ24	LY	BY	26.7	32.6	1.0	24	1.0	14.0	43.0
+SMBJ24A	LZ	BZ	26.7	29.5	1.0	24	1.0	15.4	38.9
+SMBJ26	MD	CD	28.9	35.3	1.0	26	1.0	12.9	46.6
+SMBJ26A	ME	CE	28.9	31.9	1.0	26	1.0	14.3	42.1
+SMBJ28	MF	MF	31.1	38.0	1.0	28	1.0	12.0	50.0
+SMBJ28A	MG	MG	31.1	34.4	1.0	28	1.0	13.2	45.4
+SMBJ30	MH	CH	33.3	40.7	1.0	30	1.0	11.2	53.5
+SMBJ30A	MK	CK	33.3	36.8	1.0	30	1.0	12.4	48.4

Notes: (1) Pulse test: $t_p \leq 50\text{ms}$

(2) Surge current waveform per Fig. 3 and derate per Fig. 2

(3) For bi-directional types having V_{WM} of 10 Volts and less, the I₀ limit is doubled

(4) All terms and symbols are consistent with ANSI/IEEE C62.35

(5) For the bidirectional SMBG/SMBJ5.0CA, the maximum V_(BR) is 7.25V

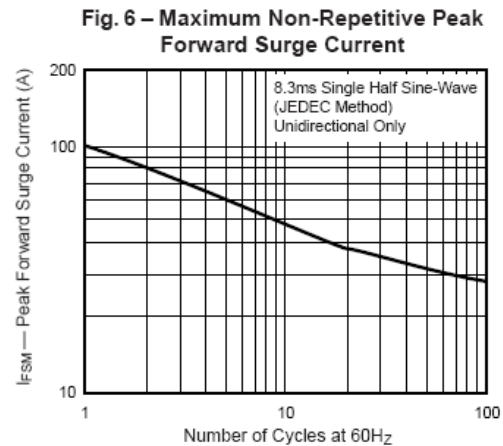
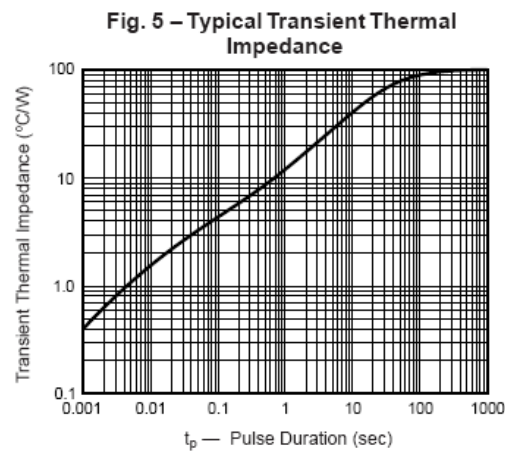
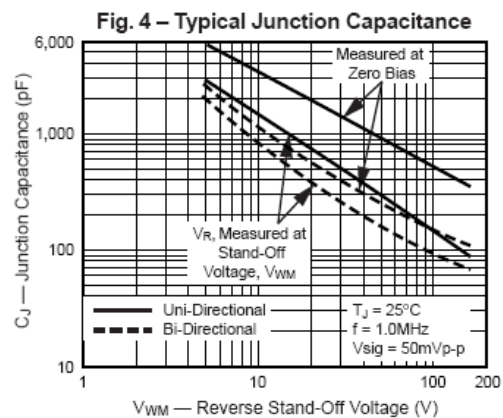
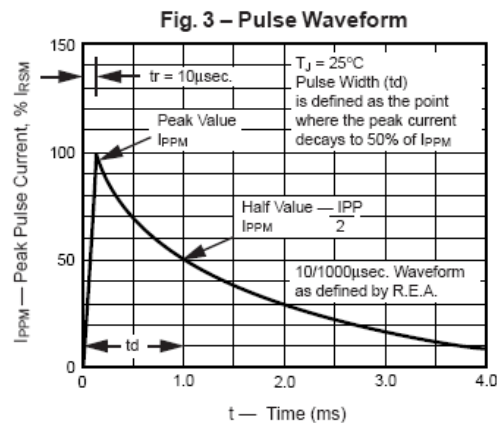
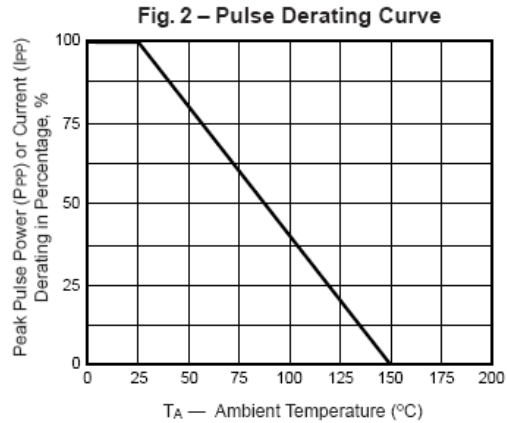
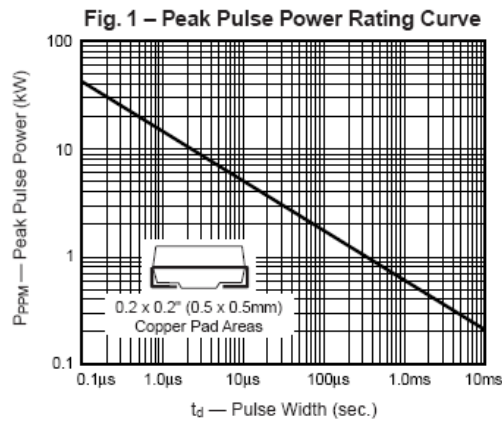
+ Underwriters Laboratory Recognition for the classification of protectors (QVGQ2) under the UL standard for safety 497B and file number E136766 for both uni-directional and bi-directional devices

SMBJ5.0 thru 188CA

Vishay Semiconductors
formerly General Semiconductor



**Ratings and
Characteristic Curves** ($T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)





ML Series

Multilayer Surface Mount Transient Voltage Surge Suppressors

February 1998

Features

- Leadless 0603, 0805, 1206 and 1210 Chip Sizes
- Multilayer Ceramic Construction Technology
- -55°C to 125°C Operating Temperature Range
- Wide Operating Voltage Range $V_{M(DC)} = 3.5V$ to 120V
- Rated for Surge Current (8 x 20)
- Rated for Energy (10 x 1000)
- Inherent Bidirectional Clamping
- No Plastic or Epoxy Packaging Assures Better than 94V-0 Flammability Rating
- Standard Low Capacitance Types Available
- Available with Nickel/Tin End Terminations

Applications

- Suppression of Inductive Switching or Other Transient Events Such as EFT and Surge Voltage at the Circuit Board Level
- ESD Protection for Components Sensitive to IEC 1000-4-2, MIL-STD-883C Method 3015.7, and Other Industry Specifications (See Also the MLE Series)
- Provides On-Board Transient Voltage Protection for ICs and Transistors
- Used to Help Achieve Electromagnetic Compliance of End Products
- Replace Larger Surface Mount TVS Zeners in Many Applications

Description

The ML Series is a family of Transient Voltage Surge Suppression devices based on the Harris Multilayer fabrication technology. These components are designed to suppress a variety of transient events, including those specified by the IEC or other standards used for Electromagnetic Compliance (EMC). The ML Series is typically applied to protect integrated circuits and other components at the circuit board level.

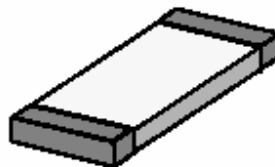
The wide operating voltage and energy range make the ML Series suitable for numerous applications on power supply, control and signal lines.

The ML Series is manufactured from semiconducting ceramics providing bidirectional voltage clamping and is supplied in leadless, surface mount form, compatible with modern reflow and wave soldering procedures.

Harris manufactures other Multilayer Series products. See the MLE Series data sheet (Harris AnswerFAX, 407-724-7800, doc #2463) for ESD applications. See the ALML Series for automotive applications (AnswerFAX doc #3387).

Packaging

ML SERIES (LEADLESS CHIP)



ML Series**Absolute Maximum Ratings** For ratings of individual members of a series, see device ratings and specifications table.

	ML SERIES	UNITS
Continuous:		
Steady State Applied Voltage:		
DC Voltage Range ($V_{M(DC)}$)	3.5 to 68	V
AC Voltage Range ($V_{M(AC/RMS)}$)	2.5 to 50	V
Transient:		
Non-Repetitive Surge Current, 8/20 μ s Waveform, (I_{TM})	30 to 250	A
Non-Repetitive Surge Energy, 10/1000 μ s Waveform, (W_{TM})	0.1 to 1.2	J
Operating Ambient Temperature Range (T_A)	-55 to 125	$^{\circ}$ C
Storage Temperature Range (T_{STG})	-55 to 150	$^{\circ}$ C
Temperature Coefficient (αV) of Clamping Voltage (V_C) at Specified Test Current	<0.01	%/ $^{\circ}$ C

Device Ratings and Specifications

PART NUMBER	MAXIMUM RATINGS (125 $^{\circ}$ C)					SPECIFICATIONS (25 $^{\circ}$ C)		
	MAXIMUM CONTINUOUS WORKING VOLTAGE		MAXIMUM NON- REPETITIVE SURGE CURRENT (8/20 μ s)	MAXIMUM NON- REPETITIVE SURGE ENERGY (10/1000 μ s)	MAXIMUM CLAMPING VOLTAGE AT 10A (OR AS NOTED) (8/20 μ s)	NOMINAL VOLTAGE AT 1mA DC TEST CURRENT		TYPICAL CAPACITANCE AT f = 1MHz
	$V_{M(DC)}$	$V_{M(AC)}$	I_{TM}	W_{TM}	V_C	$V_{N(DC)}$ MIN	$V_{N(DC)}$ MAX	C
	(V)	(V)	(A)	(J)	(V)	(V)	(V)	(pF)
V3.5MLA0603	3.5	2.5	30	0.1	10 at 2A	3.7	7.0	1100
V3.5MLA0805	3.5	2.5	120	0.3	10 at 5A	3.7	7.0	2200
V3.5MLA0805L	3.5	2.5	40	0.1	10 at 2A	3.7	7.0	1200
V3.5MLA1206	3.5	2.5	100	0.3	14	3.7	7.0	6000
V5.5MLA0603	5.5	4.0	30	0.1	15.5 at 2A	7.1	9.3	660
V5.5MLA0805	5.5	4.0	120	0.3	15.5 at 5A	7.1	9.3	1600
V5.5MLA0805L	5.5	4.0	40	0.1	15.5 at 2A	7.1	9.3	860
V5.5MLA1206	5.5	4.0	150	0.4	15.5	7.1	9.3	4500
V9MLA0603	9.0	6.5	30	0.1	23 at 2A	11.0	16.0	420
V9MLA0805L	9.0	6.5	40	0.1	20 at 2A	11	14	450
V12MLA0805L	12	9.0	40	0.1	25 at 2A	14	18.5	350
V14MLA0603	14	10	30	0.1	30 at 2A	15.9	20.3	150
V14MLA0805	14	10	120	0.3	30 at 5A	15.9	20.3	480
V14MLA0805L	14	10	40	0.1	30 at 2A	15.9	20.3	270
V14MLA1206	14	10	150	0.4	30	15.9	20.3	1600

ML Series

Power Dissipation Ratings

When transients occur in rapid succession the average power dissipation is the energy (watt-seconds) per pulse times the number of pulses per second. The power so developed must be within the specifications shown on the Device Ratings and Characteristics table for the specific device. Certain parameter ratings must be derated at high temperatures as shown in Figure 1.

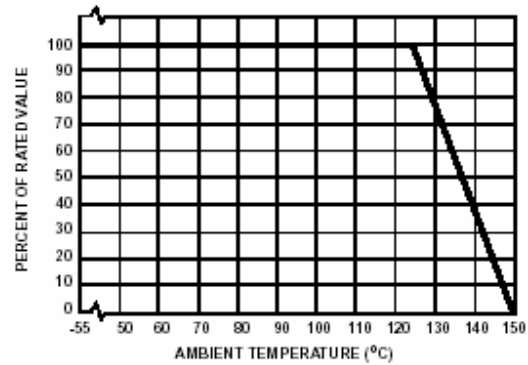
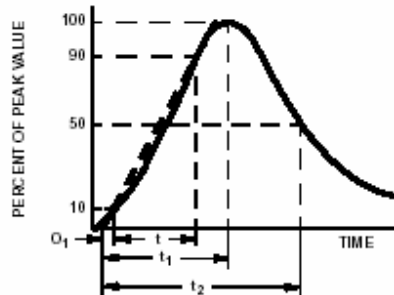


FIGURE 1. CURRENT, ENERGY AND POWER DERATING CURVE



O_1 = VIRTUAL ORIGIN OF WAVE
 t = TIME FROM 10% TO 90% OF PEAK
 t_1 = VIRTUAL FRONT TIME = $1.25 \times t$
 t_2 = VIRTUAL TIME TO HALF VALUE (IMPULSE DURATION)

EXAMPLE:
 FOR AN $8/20\mu s$ CURRENT WAVEFORM:
 $8\mu s = t_1$ = VIRTUAL FRONT TIME
 $20\mu s = t_2$ = VIRTUAL TIME TO HALF VALUE

FIGURE 2. PEAK PULSE CURRENT TEST WAVEFORM

ML Series

Maximum Transient V-I Characteristic Curves

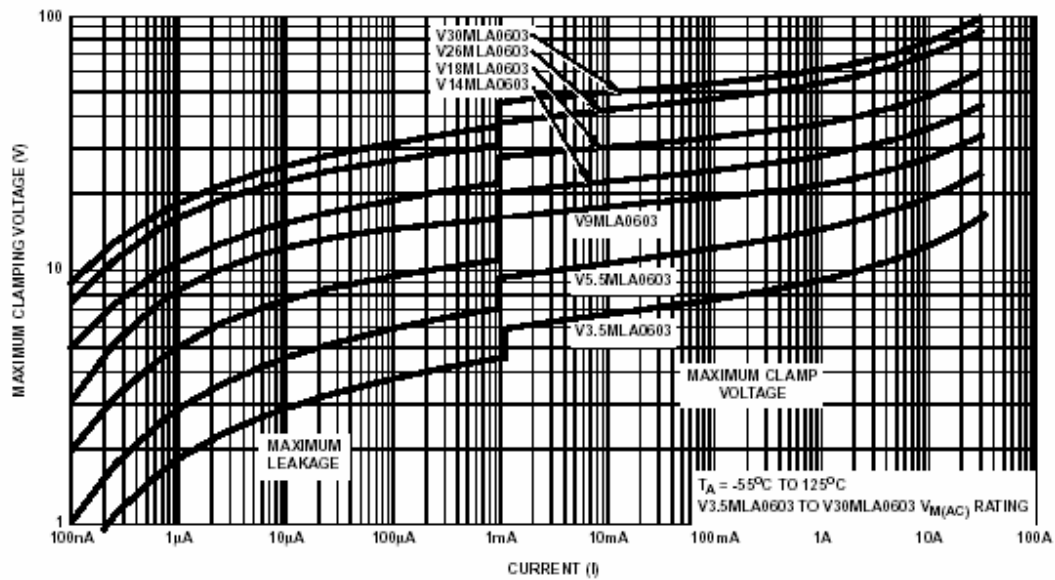


FIGURE 3. V3.5MLA0603 TO V30MLA0603 MAXIMUM V-I CHARACTERISTIC CURVES

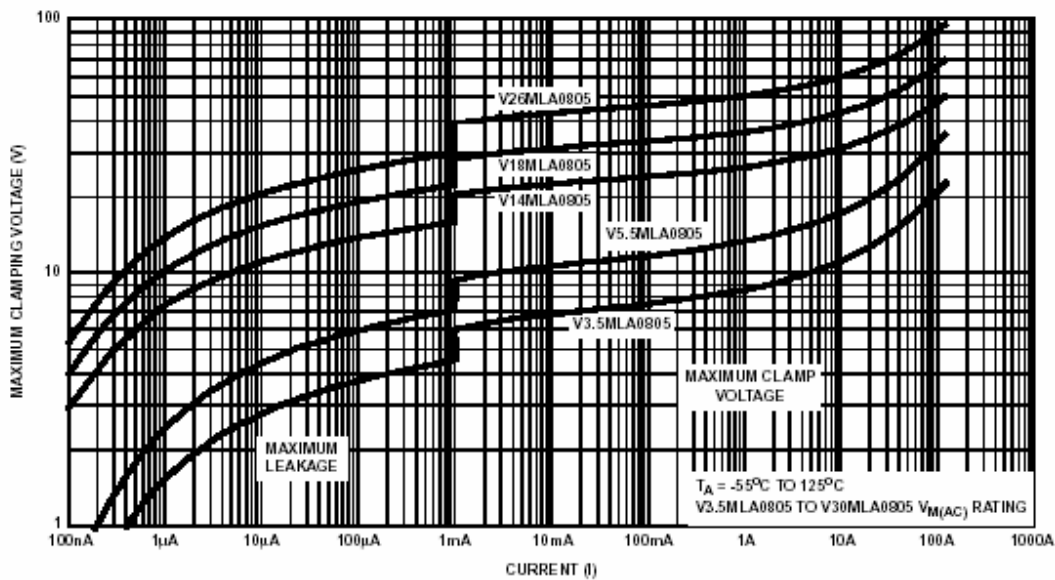


FIGURE 4. V3.5MLA0805 TO V26MLA0805 MAXIMUM V-I CHARACTERISTIC CURVES

CAN transceiver for 24 V systems**PCA82C251****FEATURES**

- Fully compatible with the "ISO 11898-24 V" standard
- Slope control to reduce RFI
- Thermally protected
- Short-circuit proof to battery and ground in 24 V powered systems
- Low-current standby mode
- An unpowered node does not disturb the bus lines
- At least 110 nodes can be connected
- High speed (up to 1 Mbaud)
- High immunity against electromagnetic interference.

GENERAL DESCRIPTION

The PCA82C251 is the interface between the CAN protocol controller and the physical bus. It is primarily intended for applications (up to 1 Mbaud) in trucks and buses. The device provides differential transmit capability to the bus and differential receive capability to the CAN controller.

QUICK REFERENCE DATA

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
V_{CC}	supply voltage		4.5	5.5	V
I_{CC}	supply current	standby mode	–	275	μ A
$1/t_{bit}$	maximum transmission speed	non-return-to-zero	1	–	Mbaud
V_{CAN}	CANH, CANL input/output voltage		–36	+36	V
V_{diff}	differential bus voltage		1.5	3.0	V
T_{amb}	ambient temperature		–40	+125	$^{\circ}$ C

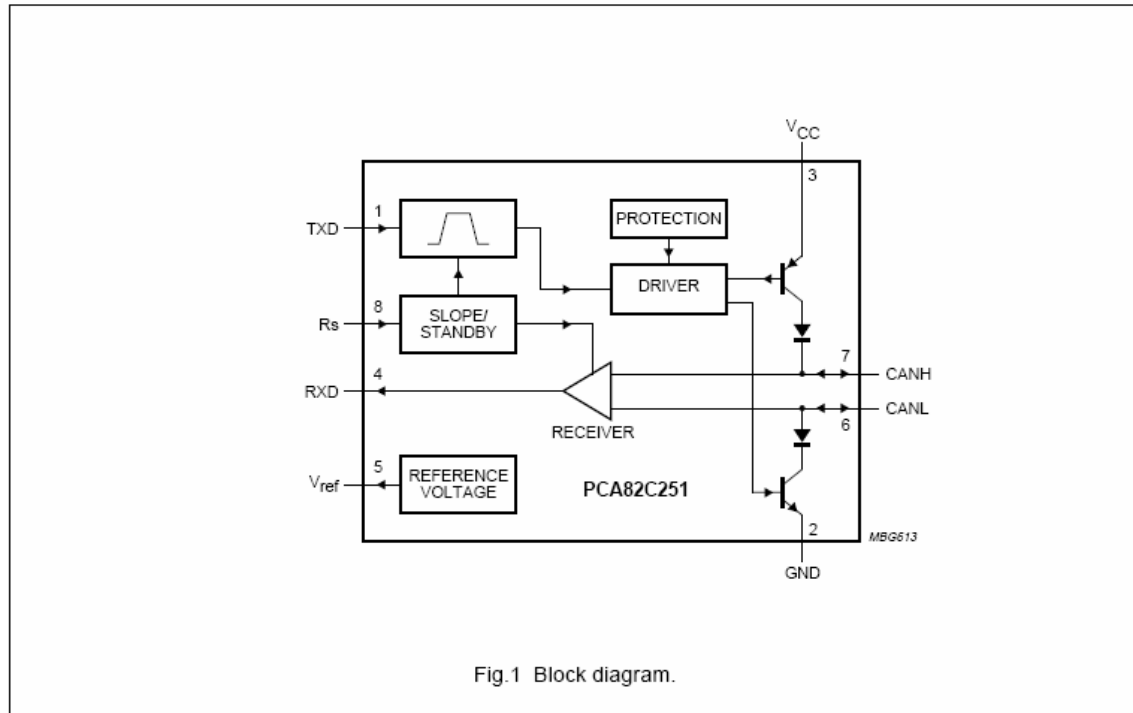
ORDERING INFORMATION

TYPE NUMBER	PACKAGE		
	NAME	DESCRIPTION	CODE
PCA82C251	DIP8	plastic dual in-line package; 8 leads (300 mil)	SOT97-1
PCA82C251T	SO8	plastic small outline package; 8 leads body width 3.9 mm	SOT96-1
PCA82C251U	–	bare die; 2840 \times 1780 \times 380 μ m	–

CAN transceiver for 24 V systems

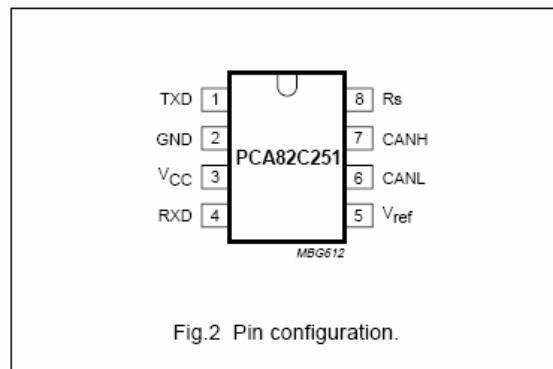
PCA82C251

BLOCK DIAGRAM



PINNING

SYMBOL	PIN	DESCRIPTION
TXD	1	transmit data input
GND	2	ground
V _{CC}	3	supply voltage
RXD	4	receive data output
V _{ref}	5	reference voltage output
CANL	6	LOW-level CAN voltage input/output
CANH	7	HIGH-level CAN voltage input/output
Rs	8	slope resistor input



CAN transceiver for 24 V systems

PCA82C251

FUNCTIONAL DESCRIPTION

The PCA82C251 is the interface between the CAN protocol controller and the physical bus. It is primarily intended for applications up to 1 Mbaud in trucks and buses. The device provides differential transmit capability to the bus and differential receive capability to the CAN controller. It is fully compatible with the "ISO 11898-24 V" standard.

A current limiting circuit protects the transmitter output stage against short-circuit to positive and negative battery voltage. Although the power dissipation is increased during this fault condition, this feature will prevent destruction of the transmitter output stage.

If the junction temperature exceeds a value of approximately 160 °C, the limiting current of both transmitter outputs is decreased. Because the transmitter is responsible for the major part of the power dissipation, this will result in a reduced power dissipation and hence a lower chip temperature. All other parts of the IC will remain operating. The thermal protection is particularly needed when a bus line is short-circuited.

The CANH and CANL lines are also protected against electrical transients which may occur in an automotive environment.

Pin 8 (Rs) allows three different modes of operation to be selected: high-speed, slope control or standby.

For high-speed operation, the transmitter output transistors are simply switched on and off as fast as possible. In this mode, no measures are taken to limit the rise and fall slope. Use of a shielded cable is recommended to avoid RFI problems. The high-speed mode is selected by connecting pin 8 to ground.

The slope control mode allows the use of an unshielded twisted pair or a parallel pair of wires as bus lines. To reduce RFI, the rise and fall slope should be limited. The rise and fall slope can be programmed with a resistor connected from pin 8 to ground. The slope is proportional to the current output at pin 8.

If a HIGH level is applied to pin 8, the circuit enters a low current standby mode. In this mode, the transmitter is switched off and the receiver is switched to a low current. If dominant bits are detected (differential bus voltage >0.9 V), RXD will be switched to a LOW level. The microcontroller should react to this condition by switching the transceiver back to normal operation (via pin 8). Because the receiver is slower in standby mode, the first message will be lost at higher bit rates.

Table 1 Truth table of the CAN transceiver

V _{CC}	TXD	CANH	CANL	BUS STATE	RXD
4.5 to 5.5 V	0	HIGH	LOW	dominant	0
4.5 to 5.5 V	1 (or floating)	floating	floating	recessive	1 ⁽²⁾
4.5 < V _{CC} < 5.5 V	X ⁽¹⁾	floating if V _{Rs} > 0.75V _{CC}	floating if V _{Rs} > 0.75V _{CC}	floating	1 ⁽²⁾
0 < V _{CC} < 4.5 V	floating	floating	floating	floating	X ⁽¹⁾

Notes

1. X = don't care.
2. If another bus node is transmitting a dominant bit, then RXD is logic 0.

Table 2 Pin Rs summary

CONDITION FORCED AT PIN Rs	MODE	RESULTING VOLTAGE OR CURRENT AT PIN Rs
V _{Rs} > 0.75V _{CC}	standby	-I _{Rs} < 10 µA
10 µA < -I _{Rs} < 200 µA	slope control	0.4V _{CC} < V _{Rs} < 0.6V _{CC}
V _{Rs} < 0.3V _{CC}	high-speed	-I _{Rs} < 500 µA

CAN transceiver for 24 V systems

PCA82C251

LIMITING VALUES

In accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 60134); all voltages are referenced to pin 2; positive input current.

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
V_{CC}	supply voltage		-0.3	+7.0	V
V_n	DC voltage at pins 1, 4, 5 and 8		-0.3	$V_{CC} + 0.3$	V
V_6	DC voltage at pin 6 (CANL)	$0\text{ V} < V_{CC} < 5.5\text{ V}$; TXD HIGH or floating	-36	+36	V
		$0\text{ V} < V_{CC} < 5.5\text{ V}$; no time limit; note 1	-36	+36	V
		$0\text{ V} < V_{CC} < 5.5\text{ V}$; no time limit; note 2	-36	+36	V
V_7	DC voltage at pin 7 (CANH)	$0\text{ V} < V_{CC} < 5.5\text{ V}$; no time limit	-36	+36	V
V_{tr}	transient voltage on pins 6 and 7	see Fig.8	-200	+200	V
T_{stg}	storage temperature		-55	+150	°C
T_{amb}	ambient temperature		-40	+125	°C
T_{vj}	virtual junction temperature	note 3	-40	+150	°C
V_{esd}	electrostatic discharge voltage	note 4	-2500	+2500	V
		note 5	-250	+250	V

Notes

- TXD is LOW. Short-circuit protection provided for slew rates up to $5\text{ V}/\mu\text{s}$ for voltages above +30 V.
- Short-circuit applied when TXD is HIGH, followed by TXD switched to LOW.
- In accordance with "IEC 60747-1". An alternative definition of virtual junction temperature is:
 $T_{vj} = T_{amb} + P_d \times R_{th(vj-a)}$, where $R_{th(vj-a)}$ is a fixed value to be used for the calculation of T_{vj} . The rating for T_{vj} limits the allowable combinations of power dissipation (P_d) and ambient temperature (T_{amb}).
- Classification A: human body model; $C = 100\text{ pF}$; $R = 1500\text{ }\Omega$; $V = \pm 2500\text{ V}$.
- Classification B: machine model; $C = 200\text{ pF}$; $R = 0\text{ }\Omega$; $V = \pm 250\text{ V}$.

THERMAL CHARACTERISTICS

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	VALUE	UNIT
$R_{th(j-a)}$	thermal resistance from junction to ambient	in free air		
	PCA82C251		100	K/W
	PCA82C251T		160	K/W

QUALITY SPECIFICATION

According to "SNW-FQ-611 part E".

CAN transceiver for 24 V systems

PCA82C251

CHARACTERISTICS

$V_{CC} = 4.5$ to 5.5 V; $T_{amb} = -40$ to $+125$ °C; $R_L = 60$ Ω ; $I_B > -10$ μ A; unless otherwise specified; all voltages referenced to ground (pin 2); positive input current; all parameters are guaranteed over the ambient temperature range by design, but only 100% tested at $+25$ °C.

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Supply						
I ₃	supply current	dominant; V ₁ = 1 V; V _{CC} < 5.1 V	–	–	78	mA
		dominant; V ₁ = 1 V; V _{CC} < 5.25 V	–	–	80	mA
		dominant; V ₁ = 1 V; V _{CC} < 5.5 V	–	–	85	mA
		recessive; V ₁ = 4 V; R ₈ = 47 kΩ	–	–	10	mA
		standby; note 1	–	–	275	μA
DC bus transmitter						
V _{IH}	HIGH-level input voltage	output recessive	0.7V _{CC}	–	V _{CC} + 0.3	V
V _{IL}	LOW-level input voltage	output dominant	–0.3	–	0.3V _{CC}	V
I _{IH}	HIGH-level input current	V ₁ = 4 V	–200	–	+30	μA
I _{IL}	LOW-level input current	V ₁ = 1 V	–100	–	–600	μA
V _{6, 7}	recessive bus voltage	V ₁ = 4 V; no load	2.0	–	3.0	V
I _{LO}	off-state output leakage current	–2 V < (V ₆ , V ₇) < 7 V	–2	–	+2	mA
		–5 V < (V ₆ , V ₇) < 36 V	–10	–	+10	mA
V ₇	CANH output voltage	V ₁ = 1 V; V _{CC} = 4.75 to 5.5 V	3.0	–	4.5	V
		V ₁ = 1 V; V _{CC} = 4.5 to 4.75 V	2.75	–	4.5	V
V ₆	CANL output voltage	V ₁ = 1 V	0.5	–	2.0	V
ΔV _{6,7}	difference between output voltage at pins 6 and 7	V ₁ = 1 V	1.5	–	3.0	V
		V ₁ = 1 V; R _L = 45 Ω	1.5	–	–	V
		V ₁ = 4 V; no load	–500	–	+50	mV
I _{sc7}	short-circuit CANH current	V ₇ = –5 V	–	–	–200	mA
		V ₇ = –36 V	–	–100	–	mA
I _{sc6}	short-circuit CANL current	V ₆ = 36 V	–	–	200	mA
DC bus receiver [V ₁ = 4 V; pins 6 and 7 externally driven; –2 V < (V ₆ , V ₇) < 7 V; unless otherwise specified]						
V _{diff(r)}	differential input voltage (recessive)	note 2	–1.0	–	+0.5	V
		–7 V < (V ₆ , V ₇) < 12 V; note 2	–1.0	–	+0.4	V
V _{diff(d)}	differential input voltage (dominant)		0.9	–	5.0	V
		–7 V < (V ₆ , V ₇) < 12 V; not standby mode	1.0	–	5.0	V
		standby mode	0.97	–	5.0	V
		standby mode; V _{CC} = 4.5 to 5.10 V	0.91	–	5.0	V
V _{diff(hys)}	differential input hysteresis	see Fig.5	–	150	–	mV

CAN transceiver for 24 V systems

PCA82C251

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
V _{OH}	HIGH-level output voltage (pin 4)	I ₄ = −100 μA	0.8V _{CC}	–	V _{CC}	V
V _{OL}	LOW-level output voltage (pin 4)	I ₄ = 1 mA	0	–	0.2V _{CC}	V
		I ₄ = 10 mA	0	–	1.5	V
R _i	CANH, CANL input resistance		5	–	25	kΩ
R _{diff}	differential input resistance		20	–	100	kΩ
Reference output						
V _{ref}	reference output voltage	V ₈ = 1 V; I ₅ < 50 μA	0.45V _{CC}	–	0.55V _{CC}	V
		V ₈ = 4 V; I ₅ < 5 μA	0.4V _{CC}	–	0.6V _{CC}	V
Timing (R _L = 60 Ω; C _L = 100 pF; unless otherwise specified. See Figs 3 and 4)						
t _{bit}	minimum bit time	R ₈ = 0 Ω	–	–	1	μs
t _{onTXD}	delay TXD to bus active	R ₈ = 0 Ω	–	–	50	ns
t _{offTXD}	delay TXD to bus inactive	R ₈ = 0 Ω	–	40	80	ns
t _{onRXD}	delay TXD to receiver active	R ₈ = 0 Ω	–	55	120	ns
t _{offRXD}	delay TXD to receiver inactive	R ₈ = 0 Ω; T _{amb} < +85 °C; V _{CC} = 4.5 to 5.1 V	–	80	150	ns
		R ₈ = 0 Ω; V _{CC} = 4.5 to 5.1 V	–	80	170	ns
		R ₈ = 0 Ω; T _{amb} < +85 °C	–	90	170	ns
		R ₈ = 0 Ω	–	90	190	ns
		R ₈ = 47 kΩ	–	290	400	ns
t _{onRXD}	delay TXD to receiver active	R ₈ = 47 kΩ	–	440	550	ns
SR	CANH, CANL slew rate	R ₈ = 47 kΩ	–	7	–	V/μs
t _{WAKE}	wake-up time from standby (via pin 8)	see Fig.6	–	–	20	μs
t _{dRXDL}	bus dominant to RXD LOW	V ₈ = 4 V; see Fig.7	–	–	3	μs
Standby/slope control (pin 8)						
V _{stb}	input voltage for standby mode		0.75V _{CC}	–	–	V
I _{slope}	slope control mode current		−10	–	−200	μA
V _{slope}	slope control mode voltage		0.4V _{CC}	–	0.6V _{CC}	V

Notes

- $I_1 = I_4 = I_5 = 0\ \text{mA}$; $0\ \text{V} < V_6 < V_{CC}$; $0\ \text{V} < V_7 < V_{CC}$; $V_8 = V_{CC}$; $T_{amb} < 90\ ^\circ\text{C}$.
- This is valid for the receiver in all modes: high-speed, slope control and standby.

CAN transceiver for 24 V systems

PCA82C251

TEST AND APPLICATION INFORMATION

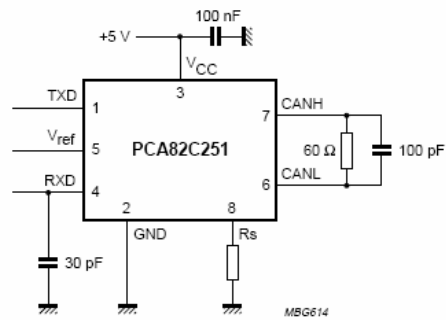


Fig.3 Test circuit for dynamic characteristics.

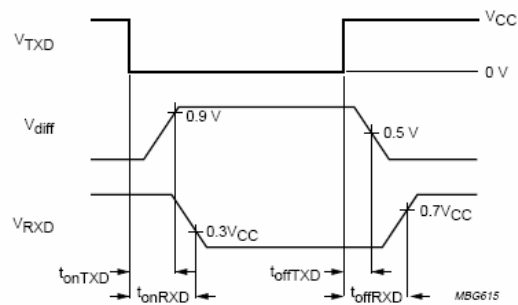


Fig.4 Timing diagram for dynamic characteristics.

FEATURES AND SPECIFICATIONS

Features and Benefits

- Peg-mounted for increased board retention
- Low profile for space constraints
- Positive housing locks
- Fully isolated terminals to protect contacts from damage

Reference Information

Product Specification: PS-5556-0001

Packaging: Tray or bag

UL File No.: E29179

CSA File No.: LR19980

TUV License No.: R75142

Mates With: 5552 dual row receptacle

Designed In: Millimeters

Electrical

Voltage: 600V

Current: (Used with 16 AWG)

Circuits	2-3	4-6	7-10	12-24
Ampere-Jr.	3	8	7	6
Ampere-HCS	12	11	10	9

Contact Resistance: 10mΩ max.

Dielectric Withstanding Voltage: 1500V

Insulation Resistance: 1000 MΩ min.

Mechanical

Insertion Force to PCB: 5.0kg max.

Mating Force: 0.7kg (1.54 lb) max.

Unmating Force: 0.35kg (0.7 lb) min.

Normal Force: 200g min.

Durability: 30 cycles

Physical

Housing: 6/6 nylon, UL 94V-2 or 94V-0

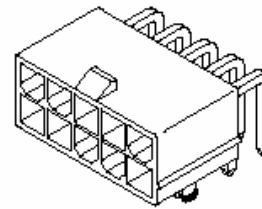
Contact: Brass

Plating: Tin, select Gold or overall Gold

Operating Temperature: -40 to +105°C

molex® 4.20mm (.165") Pitch Mini-Fit, Jr.™ Header

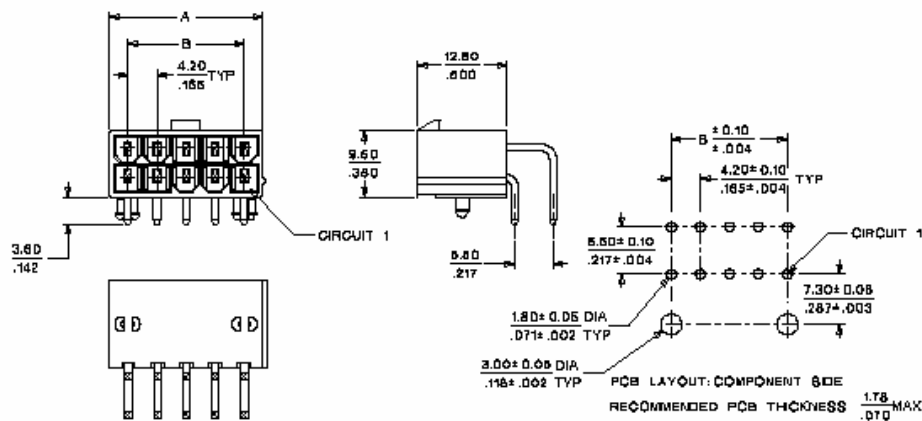
5569

Right Angle, Dual Row
With Pegs

Power Connectors

F

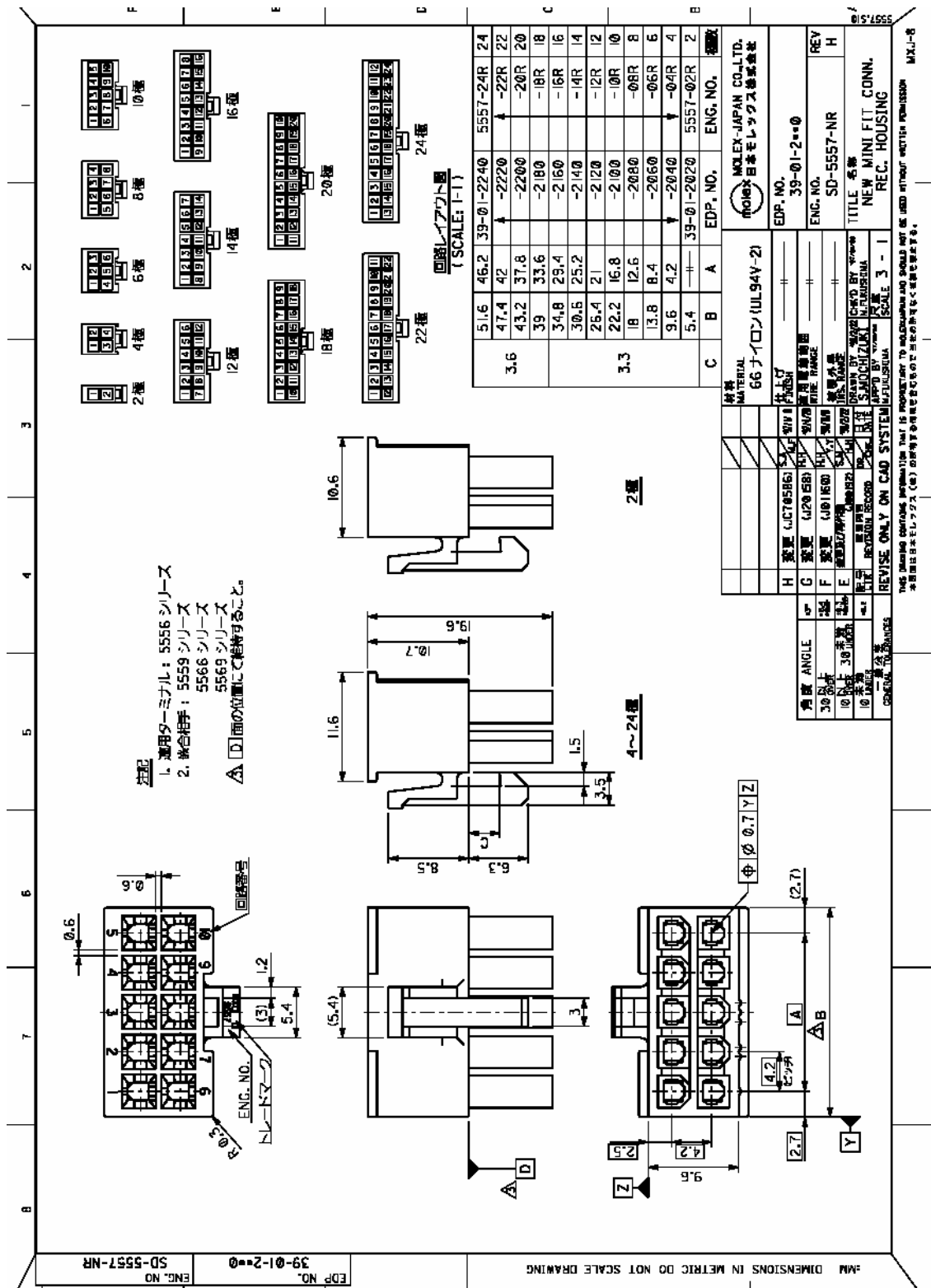
CATALOG DRAWING (FOR REFERENCE ONLY)



ORDERING INFORMATION AND DIMENSIONS

Circuits	Order No.						Dimension	
	Tin Plated		Gold Plated (30µ")		Select Gold Plated (30µ")		A	B
	94V-2	94V-0	94V-2	94V-0	94V-2	94V-0		
2	• 99-30-1020	• 99-10-0020	99-30-1021	99-30-1022	99-30-0023	99-30-0024	5.40 (2.13)	
4	• 99-30-1040	• 99-10-0040	99-30-1041	99-30-1042	99-30-0043	99-30-0044	9.40 (3.78)	4.20 (.165)
6	• 99-30-1060	• 99-10-0060	99-30-1061	99-30-1062			13.30 (5.24)	8.40 (3.31)
8	• 99-30-1080	• 99-10-0080	99-30-1081	99-30-1082			16.00 (6.30)	12.60 (4.96)
10	• 99-30-1100	• 99-10-0100	99-30-1101	99-30-1102			22.20 (8.74)	16.80 (6.61)
12	• 99-30-1120	• 99-10-0120	99-30-1121	99-30-1122			26.40 (1.039)	21.00 (8.27)
14	• 99-30-1140	• 99-10-0140	99-30-1141	99-30-1142			30.60 (1.205)	25.20 (9.92)
16	• 99-30-1160	• 99-10-0160	99-30-1161	99-30-1162			34.80 (1.370)	29.40 (1.158)
18	• 99-30-1180		99-30-1181				39.00 (1.535)	33.60 (1.323)
20	• 99-30-1200	• 99-10-0200	99-30-1201	99-30-1202			43.20 (1.701)	37.80 (1.488)
22	• 99-30-1220		99-30-1221				47.40 (1.866)	42.00 (1.654)
24	• 99-30-1240	• 99-10-0240	99-30-1241	99-30-1242			51.60 (2.031)	46.20 (1.819)

• US Standard Product, available through Molex franchised distributors





[illegible]

